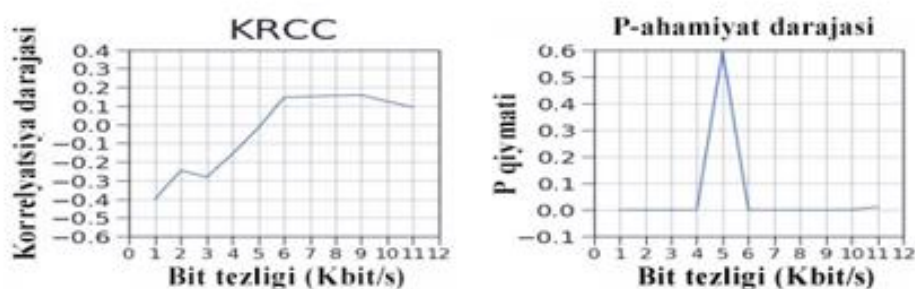


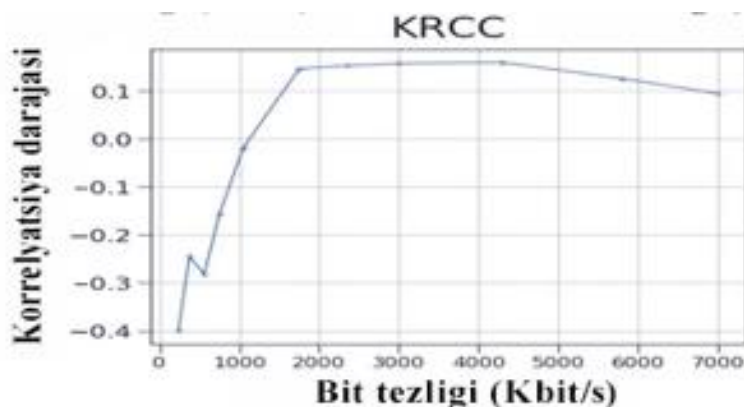
MA'LUMOTLAR TO'PLAMINING KO'RSATKICHLARI VA XUSUSIYATLARINING STATISTIK TAHLILI

Kadirova L I

Waterloo SQoE-III ma'lumotlar to'plamining ko'rsatkichlari va xususiyatlarining statistik tahlili o'tkazildi, assotsiatsiya darajasi va statistik ahamiyatga ega bo'lgan P-darajasi (0,05 dan ko'p bo'lmagan) baholandi. Shu maqsadda chiziqli bo'lmagan bog'liqlikni, Kendall korrelyatsiya koeffitsientlarini (KRCC), Spearman (SRCC), Kruskal-Uollis H-testi va F_k koeffitsientini baholash uchun parametrik bo'lmagan turli koeffitsientlarning qo'llanilishi tahlili o'tkazildi. ilmiy jamoatchilik tomonidan tan olingan.

DASH Industry Forum tomonidan tavsiya etilgan standart mijoz ko'rsatkichlarini o'rganish har bir segmentning ijro etish vaqtini hisobga olgan holda 0,3612 KRCC o'rtacha o'rtacha bit tezligining yuqori assotsiatsiya darajasini ko'rsatdi, yuklash vaqti esa P-darajaga teng ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi. 0,521. Alohida-alohida, har xil sifatdagi segmentlarni ko'paytirish ulushiga asoslangan ko'rsatkichlarning turli kombinatsiyalari o'rganildi (3.2.1-rasm).





1-rasm. Kendalning korrelyatsiya koeffitsientining MOS qiymati bilan qiymati

Eng past 235 dan sifat darajalarida (bit tezligi) ijro etish nisbati uchun P-ahamiyat darajasi.

Kbit/s (1-qavat) eng yuqori 7000 Kbit/s gacha (11-qavat)

Grafiklarni tahlil qilish bir qator statistik ahamiyatga ega xususiyatlarni aniqlashga imkon berdi:

1. Mumkin bo'lgan minimal sifat darajasida takror ishlab chiqarish (KRCC - 0,3992) - "Minimal sifat darajasiga nisbati" ko'rsatkichi:

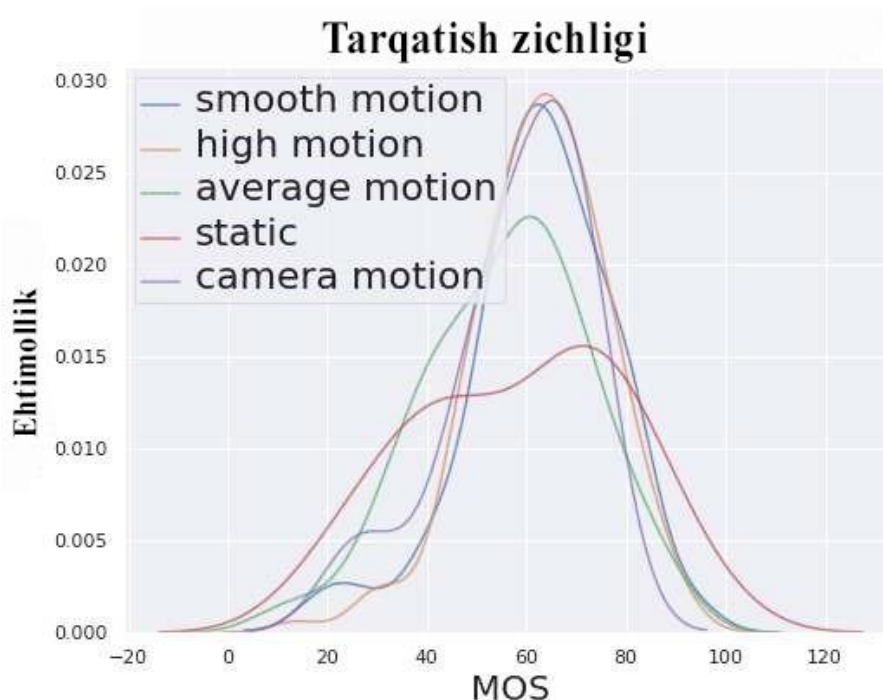
$$\frac{\sum_i \text{eng past ijro sifati davomiyligi}}{\text{boshlang'ich buferlash vaqti davomiyligi}}$$

2. Maksimalning yarmidan yuqori bo'lgan bir yoki bir nechta sifat darajasida ko'paytirish, KRCC qiymati $2,3e-72$ P-muhimlik darajasida 0,5806:

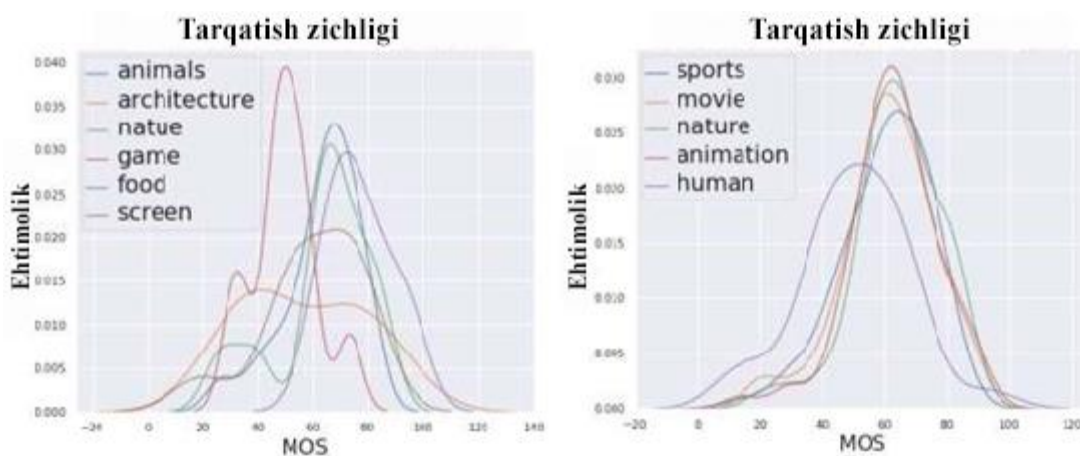
$$\frac{\sum_i [\text{maksimal ijro etish sifati davomiyligi}]/2 \text{ ijro sifati davomiyligi}}{\text{boshlang'ich buferlash vaqti davomiyligi}}$$

Bundan tashqari, agar biz doimiy bit tezligi bo'lgan seanslar to'plamini ko'rib chiqsak, u holda KRCC 0,7128 va P darajasi $7e-13$ ni tashkil qiladi, shuning uchun doimiy bit tezligi belgisi kiritiladi.

XEI tomonidan tavsiya etilgan tarkibning fazoviy va vaqtinchalik murakkabligini baholashning ta'siri, shuningdek, tarkibning turi va ma'lumotlar to'plami mualliflari tomonidan ko'rsatilgan harakat miqdorini baholash tahlil qilinadi. Silliqlik harakat va kamera harakati zichligining 90% dan ortiq kesishishini ko'rsatuvchi harakatni baholashning ehtimollik tahlili keltirilgan va ularning MOSga ta'sirida ularning ekvivalentligini ko'rsatadi. Tarkib turlari sezilarli darajada farqlanadi. Quyidagi kontent turlarining ehtimollik zichligi bir-biriga yaqin: sport, filmlar, tabiat va animatsiya. Ushbu guruhga nisbatan "odamlar" tarkibidagi ehtimollik zichligi ajoyib taqsimotga ega. Tabiat va hayvonlar yaqin taqsimotlarga ega va kontent turi ehtimoli zichligi: arxitektura, kompyuter o'yinlari, oziq-ovqat va ekran yozuvlari ajoyib taqsimotga ega.



2-rasm. 5 turdagi harakatning ehtimollik zichligi taqsimoti



3-rasm. Tarkib turi zichligi chizmalari

ITU tomonidan tavsiya etilgan fazoviy va vaqtinchalik ma'lumotlarni baholash uchun SI va TI ko'rsatkichlari statistik ahamiyatga ega bo'lgan testdan

o'tmaydi va 0,06 KRCC modulidan yuqori korrelyatsiya darajasiga ega emas. O'z navbatida, trafik miqdori va kontent turi bo'yicha inson ballari statistik ahamiyatga ega va H-test MOS maqsadi va F_k bilan bog'liq. Biroq, ehtimollik taqsimoti zichligining yaqinligi nuqtai nazaridan inson baholari haqiqiy emas, bundan tashqari, ular yuqori darajadagi o'zaro bog'liqlikka ega va bu statistik ahamiyatga ega (F_k qiymati).

0,97/1, statistik ahamiyatga ega 26,07/37,78, bu erda oxirgi qiymat bir xil namunaning korrelyatsiyasi). Ushbu bayonotlar bobning oxirida mashinani o'rganishdan foydalangan holda model yaratish jarayonida ham tasdiqlangan.

Bir qator boshqa ishlarda ishlab chiqilgan ITU tadqiqotlariga ko'ra, QoE ning integral sifat ko'rsatkichiga bog'liqligi sigmasimon xususiyatga ega:

$$QoE = b_1 / [1 + \exp(b_2 (V - b_3))] \quad (1)$$

Bu erda b_1 - daraja shkalasining masshtab koeffitsienti, b_2 - qiyalik koeffitsienti va b_3 - egilish omili, $V = \sum_{i=1}^n w_i \psi_i$ - integral sifat ko'rsatkichi, $i = 1, \dots, n$, w_i - og'irlik koeffitsientlar, w_i - ob'ektiv ko'rsatkichlar (xususiyatlar).

Ma'lumotlar tahliliga ko'ra qaramlik funktsiyasi 90 gradusga aylantirilgan va aks ettirilgan sigmasimon shaklga ega. Oldingi tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, V_{high} chegara qiymatidan boshlab, sifat deyarli o'zgarmaydi va asta-sekin maksimal darajaga yaqinlashadi. Xuddi shunday, qachon idrokni baholashning yomonlashuvi bilan integral sifat ko'rsatkichini V_{low} ga tushurish.

Tajriba shuni ko'rsatadiki, V_{high} va V_{low} chegara qiymatlari ham mavjud bo'lib, ularga erishilganda funktsiyaning harakati o'zgaradi. Biroq, u asimptotaga silliq o'tishga ega emas, balki keskin o'tishga olib keladi. Bu funktsiyani quyidagi logarifmik bog'liqlik va chegara shartlari bilan tavsiflash mumkin:

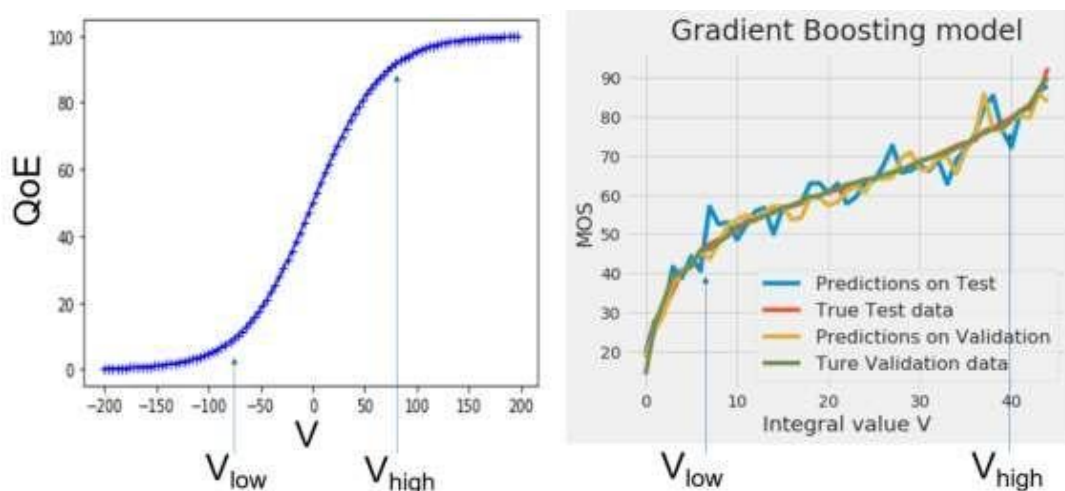
$$\begin{cases} QoE = \min(scale_{range}), V < V_{low} \\ Qoe = -\log\left(b1 * \frac{b2-V}{V}\right) + b3, V \in [V_{low}, V_{high}]. \\ QoE = \max(scale_{range}), V > V_{high} \end{cases} \quad (1*)$$

Ushbu bog'liqlikni takomillashtirish vektorga maqsadli MOS qiymatlarini qo'llash uchun $V(QoE)$ funktsiyasini ajratib olish orqali teskari transformatsiyani amalga oshirishga imkon beradi. Bunday transformatsiya sifatida, umumiylikni yo'qotmasdan,

$$V = C / [D + \exp (QoE)] \quad (2*)$$

Bu erda C va D nolga teng bo'lmagan va -1 konstantalar, xususan, $C=D=1$. Modellarni qurishda hisob-kitoblar bilan ko'rsatilganidek, bunday chiziqli bo'lmagan transformatsiya (2) talqin qilish va amaliy qo'llash qulayligi tufayli qurilgan aniqroq chiziqli modellarni (MOS dan SRCC ning 0,01 - 0,1 ga oshishi) yaratishga imkon beradi.

Murakkab modellar (daraxtlar ansambli va SVD), bu transformatsiya konvergentsiyani tezlashtiradi va yakuniy modelni soddalashtiradi (xususan, gradientni kuchaytirish modelida daraxtlar soni 420 dan 90 gacha kamaydi).



4-rasm. Daraxtlar ustidagi gradientni oshirishga asoslangan video sifatini baholash modeli (ko‘k chiziq test ma’lumotlaridagi bashoratlarni, to‘q sariq chiziq esa tekshirish ma’lumotlari bo‘yicha bashoratlarni tavsiflaydi).

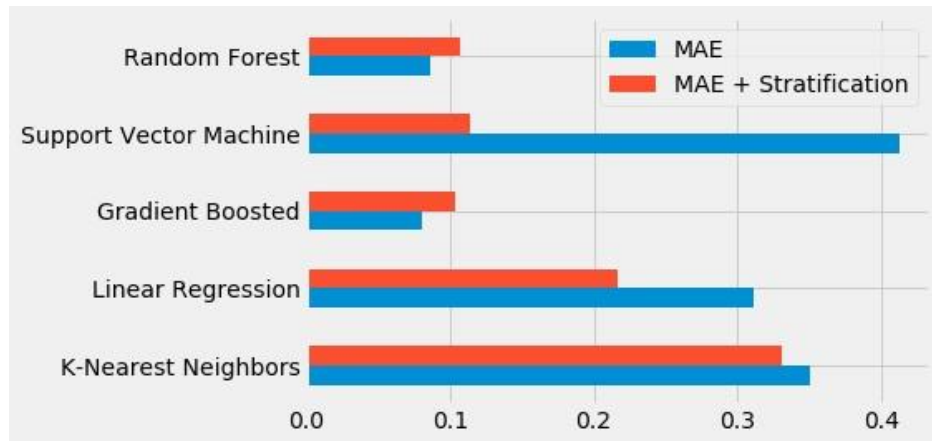
Mavjud 450 ta ob'yekt 80/10/10ga nisbatan o‘qitish, sinovdan o‘tkazish va tasdiqlash uchun qatlamli kichik namunalarga bo‘lingan. O‘quv quyi namunasi uchun o‘rtacha qiymat asosiy sifat sifatida tanlandi, chunki u o‘rtacha qiymatdan ko‘ra o‘zgaruvchan qiymatlarga nisbatan chidamliroqdir. Model xatosi funksionalligi - O‘rtacha mutlaq xato (MAE):

$$Q(w, X, Y) = \sum_{i=1}^N (|a(w, x_i) - y_i|)$$

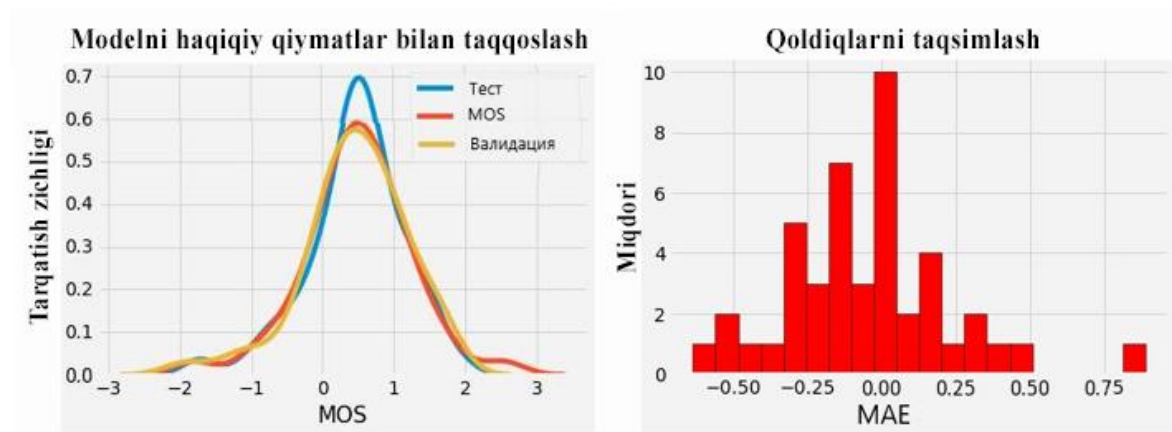
Mashinani o‘rganishning 5 ta asosiy modeli tahlil qilindi:

- Chiziqli regressiya;
- Gradientni kuchaytiruvchi regressiya;
- Vektorli mashina regressiyasini qo‘llab-quvvatlash;
- Tasodifiy o‘rmon regressiyasi;

- K-eng yaqin qo‘shnilarning regressiyasi.



5-rasm. Asosiy modellar uchun tabaqalanish effekti. Moviy rang sklearn kutubxonasining standart ShuffleSplit tasodifiy ajratish usulining ishlashini ko‘rsatadi.



6-rasm. Video sifatini baholash uchun gradient busiting modeli uchun zichlik va qoldiq grafigi va daraxtlar ustidan gradient kuchayishi

Giperparametrlarni sanab o'tgandan so'ng, tekshirish kichik namunasida SRCC 0,9647 natijasi olindi (3.2.6-rasm).

Xususiyat ahamiyatini maqsadli qiymatni eng ko'p bashorat qiluvchi o'zgaruvchilar sifatida talqin qilish mumkin. Aniqroq ta'rif - nopoklikning o'rtacha kamayishi, bu tugunning umumiy nopoklik kamayishi sifatida aniqlanadi, bu tugunga erishish ehtimoli bilan og'irlikda, ansambldagi barcha daraxtlar bo'yicha o'rtacha hisoblanadi. Berilgan tugunga erishish ehtimoli ushbu tugunga yetib boradigan namunalar ulushi bilan taxmin qilinadi. 10 ta eng muhim xususiyat 1-jadvalda keltirilgan. Shuningdek, u ushbu xususiyatlar asosida qurilgan chiziqli regressiya modelini taqdim etadi.

Ushbu Lin_reduced modeli maqsadli o'zgaruvchining chiziqli bo'lmagan transformatsiyasiz, ma'lumotlarni normalizatsiya qilmasdan qurilgan, shuning uchun uni amalda qo'llash mumkin:

$$Lin_reduced = w_0 + \sum_{i=1}^{10} w_i \psi_i$$

Gradientni kuchaytiruvchi 10 ta eng yaxshi model xususiyatlari va Lin_reduced regressiya modelining vazni

1-jadval.

Belgisi	Muhimligi	Og'irligi
w_0		37.72
Ketma-ket sifat darajasiga nisbati maks/2	0,22218	17.7497
O'rtacha video aniqligi	0,1382	0

O‘rtacha (seqPSNR)	0,0941	0,4884
Minimal ketma-ketlik sifat darajasiga nisbati	0,0930	-21.7635
O‘rtacha vaznli bit tezligi	0,0731	0,0006
Rebufer soni	0,0350	-3.1143
Dastlabki bufer vaqti	0,0345	-0,1277
Rebufer foizi	0,0293	-8,9932
Kommutatsiya chastotasi	0,0286	-0,0848
To‘xtashning maksimal davomiyligi	0,0278	-1,4061

Lin_reduced (Reduced Lineer Regression) modelining ishlashi to‘liq gradient modeli bilan taqqoslanadi. Sinov kichik namunasidagi xato funksionalligi 5.7252, tekshirish kichik namunasi 5.6419 (bu raqamlar MOS nuqtai nazaridan allaqachon xatodir, ya’ni 100 balllik shkaladan taxminan 5-6 ball). Sinov to‘plamida SRCC 0,8436, P-daraja = 3,5e-13, tekshirish to‘plamida SRCC 0,8631, P-darajasi 2,4e-14.

Lasso modeli xususiyatlarni normalizatsiya qilmasdan, lekin maqsadli MOS qiymatining chiziqli bo‘lmagan o‘zgarishi bilan yaratilgan (model og‘irliklari 2-jadvalda keltirilgan):

$$Lasso = w_0 + \sum_{i=1}^{19} w_i \psi_i$$

Ikkinchi model (Reference Free) kirish signali (PSNRsiz) haqida ma’lumotsiz qurilgan, P darajasi 0,05 dan kam bo‘lgan xususiyatlar, harakat

miqdori va tarkib turi undan chiqarib tashlangan. Bundan tashqari, mumkin bo'lganlarning yarmidan ko'pi darajasida bit tezligini ko'paytirish belgisi chiqarib tashlandi, chunki bu sifat darajalariga ma'lum bir bo'linishga bog'liq. 2e-4 koeffitsienti bilan L1 tartibga solish qo'llaniladi.

$$Reference\ Free = w_0 + \sum_{i=1}^{15} w_i \psi_i$$

Lasso modelining tavsifi

2-jadval

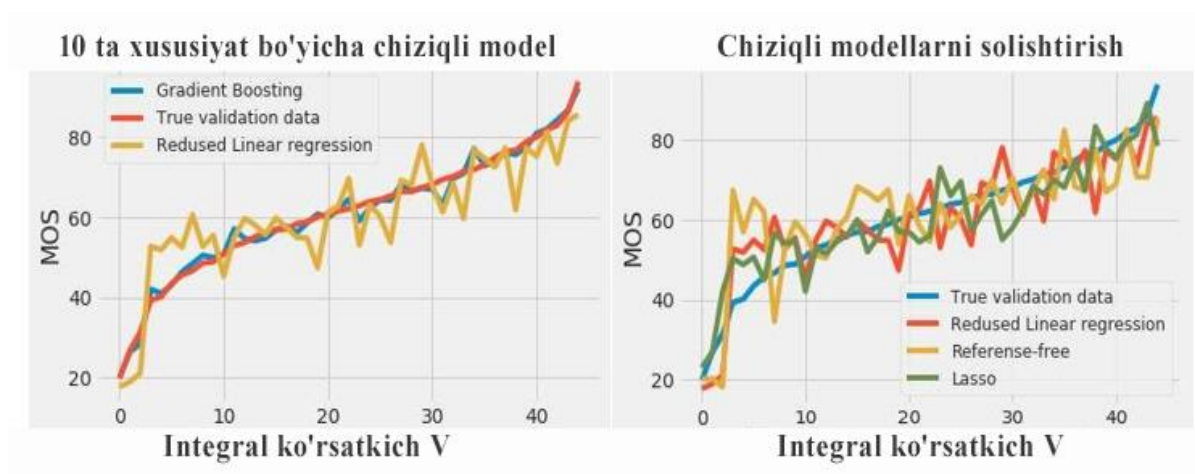
Belgisi	Og'irligi	Belgisi	Og'irligi
w0	0,11	Ketma-ket sifat darajasiga nisbati maks/2	0,9112
Rebufer soni	-0,4618	O'rtacha video aniqligi	0,3147
O'rtacha (seqPSNR)	0,3957	TI	-0,1727
O'rtacha vaznli bit tezligi	0,4165	Kontent_hayvonlar	0,0639
To'xtashning maksimal davomiyligi	-0,1122	Kontent_animatsiya	0,0923
Bitrate_pos_changes_count	-0,1494	kontent_ovqat	0,6206
Bitrate_max_pos_change	-0,013	Content_o'yin	-0,0142
To'xtatib turish_tezligi	-0,0971	Kontent_inson	-0,0661
Rebufer foizi	-0,5905	kontent_filmi	-0,0956
Yuqori ketma-ketlik sifat darajasidagi nisbat	-0,0611	Harakat_o'rtacha harakat	-0,3295
Minimal ketma-ketlik sifat darajasiga nisbati	-0,8315	Harakat_silliq harakat	0,0223

Sifatni baholash uchun Reference Free modelining tavsifi

3-jadval

Belgisi	Og'irligi	Belgisi	Og'irligi
w0	0,31	bit tezligini almashtirish soni	0,1213
Rebufer soni	-0,2369	Kommutatsiya chastotasi	-0,7385
To'xtash hodisalarining o'rtacha davomiyligi	-0,0149	Rebufer foizi	-1,9522
O'rtacha vaznli bit tezligi	0,0001	O'rtacha bit tezligini almashtirish qiymati	0,0001
To'xtashning maksimal davomiyligi	-0,0076	O'rtacha nisbiy Bit tezligini almashtirish kattaligi	-0,0002
Bitrate_neg_changes_count	-0,0105	Yuqori ketma-ketlik sifat darajasidagi nisbat	-0,1628
Bitrate_mean_neg_change	0,0002	Minimal ketma-ketlik sifat darajasiga nisbati	-1,1528
To'xtash chastotasi	1.4992	Doimiy_bit tezligi	0,1442

Lasso modeli quyidagi xususiyatlarga ega: test va tekshirish xatosi funktsional 0,2013 va 0,2053, korrelyatsiya koeffitsienti qiymati SRCC/P-ahamiyat darajasi 0,9229/2e-19, 0,9422/5e-22. Yo'naltiruvchi Bepul model: test va tekshirish xatosi funktsional 0,3421 va 0,3270, korrelyatsiya koeffitsienti qiymati SRCC/P-muhimlik darajasi 0,9054/1e-17, 0,9277/5e-20.



**7-rasm. Cheklangan chiziqli model Uchta qurilgan chiziqli modellar
Lin_reduced ishining natijalari ishining taqqoslanishi**

MOS maqsad funktsiyasi bilan korrelyatsiya bo'yicha eng yaxshi natija gradientni kuchaytirishga asoslangan model tomonidan berilgan (SRCC 0,9647), Lasso va Reference Free modellari sinov va tekshirishda SRCC korrelyatsiya darajasini mos ravishda kamida 0,9229 va 0,9054 ko'rsatadi. Gradientni kuchaytirish modelidan 10 ta xususiyatga asoslangan eng oddiy model kamida 0,8436 SRCC qiymatini ko'rsatdi. 4-jadvalda Waterloo SQoE-III ma'lumotlar to'plamidagi boshqa model baholari bilan taqqoslash keltirilgan (modellarga havolalar Bitiruv malakaviy matnida berilgan). Ma'lumotlar to'plami mualliflari 0,7800 testda (tasdiqlash qo'llanilmagan) SRCC bilan chiziqli modelni olishdi. ITU-T P.1203 tavsiyasi, ushbu tadqiqotda olinganidan tashqari, 0,8454 da eng yaxshisini beradi.

Natijalarni solishtirish

4-jadval

QoE modeli	SRCC	QoE modeli	SRCC
SSMI plus	0,5617	Mok	0.1702
VQM	0,5650	VsQM	0.2010
Liu	0,5145	Xue	0,3840
Yun	0,7143	Liu	0,8039
FTW	0,2745	SQI	0,7707
Bentaleb	0,6322	ITU-T P.1203	0,8454
ATLAS	0.1941	SQoE-III mualliflari	0,7800
Kim	0,0196	bu ish	0,9647

LIME texnikasidan foydalangan holda gradientni kuchaytirish modelining ishlashi tahlili taqdim etilgan.