

## PHOTOSHOP-DA SKRIPT YARATISH ORQALI FOTOSHOP QILINGAN YUZLARNI ANIQLASH

**Durdona Irgasheva**

Tashkent University of Information Technologies

Tashkent, Uzbekistan

[durdona.ya@gmail.com](mailto:durdona.ya@gmail.com)

**Dilnoza Sodiqova**

Tashkent University of Information Technologies

Tashkent, Uzbekistan

[dilnoza\\_9517@mail.ru](mailto:dilnoza_9517@mail.ru)

**Annotatsiya:** Aksariyat zararli foto manipulyatsiyalar Adobe®Photoshop® kabi standart tasvirni tahrirlash vositalari yordamida yaratilgan. Biz Photoshop-ning o'zini skript qilish orqali avtomatik ravishda yaratilgan soxta tasvirlardan foydalangan holda o'rgatilgan model yordamida juda mashhur Photoshop manipulyatsiyasini - inson yuzlariga qo'llaniladigan tasvirning o'zgarishini aniqlash usulini taqdim etamiz. Biz ko'rsatamizki, bizning modelimiz manipulyatsiya qilingan tasvirlarni tanib olish vazifasida odamlardan ustundir, tahrirlarning aniq joylashuvini oldindan aytib bera oladi va ba'zi hollarda asl, tahrirlanmagan tasvirni qayta tiklash uchun manipulyatsiyani "bekor qilish" uchun ishlatilishi mumkin. Biz tizimni rassom tomonidan yaratilgan haqiqiy tasvir manipulyatsiyalariga muvaffaqiyatli qo'llash mumkinligini ko'rsatamiz.

**Kalit so'zlar:** Manipulyatsiya qilishgan tasvir, haqiqiy tasvir, soxta tasvir, raqamli tahrirlash, ranglarni moslashtirish, ranglarni aralashtirish, degeneratsiya.



- (a) manipulyatsiya qilingan fotosurat  
(b) Aniqlandimanipulyatsiyalar  
(c) Tavsiya etilgan “bekor qilish”  
(d) Asl surat

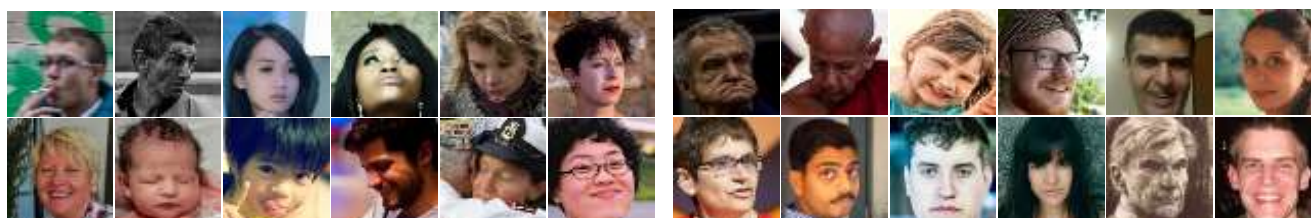
1-rasm: Kiritilgan yuz (a) hisobga olinsa, Photoshop’ning Face-Aware Liquify vositasi yordamida yuzning burishganligini aniqlashi, yuzning qayerda burishganligini taxmin qilish (b) va burmani “bekor qilishga” urinishi mumkin. (c) va asl tasvirni tiklash (d).

## 1. Kirish

Raqamli tahrirlangan vizual kontent hamma joyda mavjud bo‘lgan davrda, jamoatchilik televizorda, porloq jurnallarda va Internetda ko‘rgan tasvirlari haqiqatdan ham haqiqiy yoki yo‘qligini bilishga haqli. Ommabop matbuotda u asosan "DeepFakes" va boshqa GAN-ga asoslangan usullarga e’tibor qaratdi, ular bir kun kelib haqiqiy odamning tashqi ko‘rinishini, harakatlarini va yuz ifodalarini ishonchli tarzda taqlid qila oladilar. [32,10,7,16], hozircha, bunday usullar degeneratsiyaga moyil va ko‘rinadigan artefaktlarni namoyish etadi [22]. Aksincha, tasvirni qayta ishlashning klassik usullari bilan, odatda Adobe Photoshop-da bajariladigan nozikroq tasvir manipulyatsiyalari manipulyatsiya qilingan vizual kontentning ko‘payishiga eng katta hissa qo‘shgan.[13] Bunday tahrirlash operatsiyalari ijodiy ifodani ta’minlashga yordam bergan bo‘lsa-da, tomoshabin bilmasdan amalga oshirilsa, ular jiddiy salbiy oqibatlarga olib kelishi mumkin, ular haqiqiy bo‘lmagan standartlar bilan belgilangan tana imidji bilan bog‘liq muammolardan tortib, siyosatdagi "soxta yangiliklar" oqibatlariga qadar.

Ushbu ishda biz Photoshop manipulyatsiyasining o‘ziga xos turiga e’tibor qaratamiz - yuzlarga qo‘llaniladigan tasvirni burish. Bu "go‘zallashtirish" va ifodani tahrirlash uchun ishlatiladigan juda keng tarqalgan vazifa. Yuzning burishishi qiziqarli

muammodir, chunki u odamlar uchun hayratlanarli darajada qiyin bo'lgan sohadir, lekin u tez-tez qo'llaniladi va keng qamrovli ta'sirga ega. Biz foydalanuvchilarning tadqiqotida ko'rsatamizki, odamlar bunday tahrirlarni aniqlashda atigi 53,5% aniqlikka ega (imkoniyat 50%). Biz ushbu nozik tahrirlar bo'ladigan ob'ektivni taklif qilamiz.



(a) Haqiqiy tasvirlar

(b) Manipulyatsiya qilingan

tasvirlar

2-rasm: O'quv ma'lumotlar to'plamimizdan tasodifiy namunalari. (a) Flickr portretlaridan olingan haqiqiy tasvirlar (yuqorida) va Ochiq rasmlar [18] (pastki). Tasodifiy burmalar Photoshop-ning Face-Aware Liquify vositasi yordamida avtomatik ravishda yaratiladi. Farqlar juda nozik.

Shaklda ko'rsatilganidek, tomoshabinni o'zgartirishlar mavjudligi haqida ogohlantiruvchi vizualizatsiya 1. Bizning taklif qilayotgan yondashuvimiz yolg'on ma'lumotlarning tarqalishiga va uning oqibatlariga qarshi kurashishda foydalanish mumkin bo'lgan kattaroq vositalar to'plamidagi birgina vositadir.

Bizning yondashuvimiz tasvirlardagi yuzning deformatsiyasini aniqlash uchun puxta o'qitilgan CNNdan iborat. Har qanday chuqur o'rganish usulida bo'lgani kabi, etarlicha nazorat ostidagi o'quv ma'lumotlarini to'plash har doim qiyin. Bu, ayniqsa, sud ekspertizasi ilovalari uchun to'g'ri keladi, chunki qo'lda yaratilgan vizual soxta ma'lumotlarning keng ko'lamliligi ma'lumotlar to'plami mavjud emas. Ushbu ishda biz Photoshop-ning o'zidan foydalanib, haqiqiy ko'rinadigan soxta ta'lim ma'lumotlarini avtomatik ravishda yaratish orqali ushbu muammoni hal qilamiz. Biz birinchi navbatda turli internet manbalaridan olingan haqiqiy yuz tasvirlarining katta ma'lumotlar to'plamini yig'amiz (rasm).2a). Keyin biz to'g'ridan-to'g'ri Photoshop-dagi Face-Aware Liquify vositasini skript qilamiz, bu yuz manipulyatsiyasini yuqori darajadagi semantik operatsiyalarga, masalan, "burun kengligini oshirish" va "ko'z masofasini qisqartirish" kabi mavhumlashtiradi. Ushbu bo'shliqdagi manipulyatsiyalarni tasodifiy tanlab olish orqali (rasm2b), bizda ikkita manba tasvirlari va real ko'rinadigan burmali o'zgarishlardan iborat o'quv majmuasi qoldi.

Biz ushbu ma'lumotlar to'plamida global tasniflash va mahalliy buzilish maydonlarini bashorat qilish tarmoqlarini o'rgatamiz. Xususan, bizning mahalliy

bashorat qilish usulimiz yo'qotish funksiyalarining kombinatsiyasidan foydalanadi, shu jumladan oqimning burilishini bashorat qilish, nisbiy burilishni saqlash va piksel bo'yicha qayta qurish yo'qolishi. Biz bir qator ilovalarni taqdim etamiz, jumladan, rasmdagi kabi o'zgartirilgan hududlarga e'tiborni jalb qilish uchun vizualizatsiya qoplamasi.1(b) va manipulyatsiya qilingan tasvirni rasmda bo'lgani kabi asl nusxaga o'xshash qilish uchun echib oling.1(c). Nihoyat, biz bir qator sinov holatlariga, shu jumladan turli manbalardan olingan tasvirlarga, shuningdek, boshqa usullar bilan amalga oshirilgan deformatsiya operatsiyalariga yondashuvimizni baholaymiz.

## 2. Tegishli ish

Tasvirni sud-tibbiyot ekspertizasi yoki qalbakilashtirishni aniqlash kompyuterni ko'rish bo'yicha tadqiqotning tobora muhim sohasi hisoblanadi. Ushbu bo'limda biz katta hajmdagi ma'lumotlardan tayyorlangan yoki to'g'ridan-to'g'ri yuz domeniga murojaat qiladigan ishlarga e'tibor qaratamiz.

Yuzni manipulyatsiya qilish Tadqiqotchilar turli xil yuz manipulyatsiyalarini aniqlash uchun sud-tibbiyot usullarini taklif qilishdi. Chjou va boshqalar. [37] va Roessler va boshqalar. [27,28] neyron tarmoqni taklif qiling- yuzni almashtirish va yuzni qayta tiklashni aniqlash uchun ishlaydigan modellar

- qo'shish, ranglarni moslashtirish va aralashtirishdan keyin bir yuz butunlay boshqasiga almashtiriladigan manipulyatsiyalar (ehtimol bir xil mavzudan olingan). Boshqa ishlar morflangan (interpolyatsiya qilingan) yuzlarni aniqlashni o'rganadi [26] va ko'zning yorqin nuqtalaridan yorug'likdagi nomuvofiqliklar [15]. Bundan farqli o'laroq, biz yuzning to'liq o'zgarishi yoki yangi detallarning sintezi emas, balki nozik geometrik deformatsiyalarga uchragan yuz burmalarini ko'rib chiqamiz.

Fotokriminalistikani o'rganish Yorliqli ta'lim ma'lumotlarini olishdagi qiyinchilik tadqiqotchilarni avtomatik ravishda yaratilgan soxta tasvirlar bo'yicha o'qitiladigan "o'z-o'zini nazorat qiluvchi" tasvirlar uchun sud-tibbiyot usullarini taklif qilishga olib keldi. Chen va boshqalar. [11] median filtrlashni aniqlash uchun konvolyutsion tarmoqdan foydalaning. Chjou va boshqalar. [38] semantika ta'sirini kamaytirish uchun steganaliz xususiyatlaridan foydalangan holda ob'ektni aniqlash modelini taklif qilish. Model ob'ekt segmentatsiyasidan foydalangan holda avtomatik ravishda yaratilgan sintetik soxta narsalarga oldindan o'rganiladi va keyinchalik haqiqiy soxta tasvirlarga moslashtiriladi. Avtomatik ravishda soxta narsalarni yaratish bilan birga, biz odatdagi muharrir foydalanadigan vositalardan foydalanamiz, bu bizga ushbu manipulyatsiyalarni aniqroq aniqlash imkonini beradi. Soxta tasvirni yaratish jarayonini aniq modellashtirmasdan, faqat real tasvirlardan o'rganadigan nazoratsiz sud-tibbiyot modellarini o'rganish qo'shimcha yondashuvdir. Masalan, turli xil kamera modellaridan keladigan yamoqlarni aniqlash orqali birlashtirilgan tasvirlarni aniqlash

uchun bir nechta modellar taklif qilingan [9,21], EXIF meta-ma'lumotlaridan foydalangan holda [14] yoki jismoniy nomuvofiqliklarni aniqlash orqali [20]. Biroq, bu yondashuvlar tasvirni birlashtirish muammosi holatlarini aniqlash uchun mo'ljallangan, biz esa yanada nozik manipulyatsiyani - yuz tuzilishining egriligini ko'rib chiqamiz.

Qo'lda aniqlangan manipulyatsiya belgilari Boshqa rasm sud-tibbiyot ekspertizasi soxta tasvirlarni qo'lda aniqlangan belgilar yordamida aniqlashni taklif qildi[13]. Dastlabki ishlar natijasida qayta namuna olish artefaktlari aniqlandi [25,17] yaqin piksellar orasidagi davriy korrelyatsiyalarni topish orqali. Shuningdek, nomuvofiq kvantlashni aniqlaydigan ishlar ham mavjud [4], ikkita JPEG artefaktlari [8,5] va geometrik nomuvofiqliklar [23]. Biroq, interaktiv tasvirni tahrirlash vositalari tomonidan bajariladigan operatsiyalar ko'pincha murakkab va modellashtirish qiyin bo'lishi mumkin. Bizning yondashuvimiz, aksincha, manipulyatsiya qilingan tasvirlarning katta ma'lumotlar to'plamidan o'z vazifasiga mos xususiyatlarni o'rganadi.

	Train	Val	Test		
<b>Manba</b>	OpenImage & Flickr		Flickr		
<b>Jami Tasvirlar</b>	1,1M	10k	100		
<b>Manipulyatsiyalanmagan</b>		157k	5k	50	
<b>Manipulyatsiyalangan</b>	942k	5k	50		
<b>Manipulyatsiyalar</b>		Tasodifiy FAL	ProRassom		

1-jadval: Ma'lumotlar to'plami statistikasi. Bunga bizning avtomatik ravishda yaratilgan ma'lumotlarimiz, shuningdek, professional rassom tomonidan yaratilgan kichikroq test manipulyatsiyasi kiradi.

### 3. Ma'lumotlar to'plami

Biz Open Images ma'lumotlar to'plamidan haqiqiy yuz tasvirlarining katta ma'lumotlar to'plamini olamiz [18] va Flickr va ikkita soxta ma'lumotlar to'plamini yarating: sud ekspertizasi modelini o'rgatish uchun avtomatik tarzda yaratilgan katta manipulyatsiya qilingan tasvirlar to'plami va baholash uchun rassom tomonidan amalga oshirilgan kichikroq haqiqiy manipulyatsiyalar to'plami. Ma'lumotlarni yig'ish jarayonining tafsilotlari qo'shimcha materialda keltirilgan.

Manipulyatsiya qilingan yuz tasvirlarini yaratish Bizning maqsadimiz avtomatik ravishda manipulyatsiya qilingan tasvirlar ma'lumotlar to'plamini yaratishdir, ular mashg'ulotlar uchun foydalanilganda rassom tomonidan yaratilgan soxta narsalarga umumlashtiriladi. Biz Face-Aware Liquify (FAL) vositasini skript qilamiz [1] JavaScript-ni bajarish uchun o'rnatilgan yordamdan foydalanib, turli xil yuz manipulyatsiyalarini yaratish uchun Adobe Photoshop-da. Biz Photoshop-ni tanlaymiz, chunki u eng mashhur tasvirlarni tahrirlash vositalaridan biri va bu operatsiya portret suratga olishda juda keng tarqalgan manipulyatsiya hisoblanadi. FAL yuqori darajadagi semantikaga mos keladigan 16 parametrdan foydalangan holda manipulyatsiyalarni ifodalaydi (masalan, burun kengligini, ko'z masofasini, iyak balandligini va boshqalarni sozlash). Yuz belgisini aniqlash detektor kirish tasviriga to'rni qayd qiladi va parametrlar to'rning tepalikdagi siljishlarini nazorat qiladi. Rasmda ko'rsatilganidek<sup>1</sup>, asbob yuzni yanada nosimmetrik qilish kabi nozik, haqiqiy manipulyatsiyalar qilish uchun ishlatilishi mumkin. Biz tasodifiy FAL parametr maydonini tanlaymiz. Ushbu parametrlar tanlovi rassom qiladigan o'zgarishlarga mos kelishi dargumon bo'lsa-da, biz bo'shliqni tasodifiy tanlab olish "haqiqiy" operatsiyalar maydonini qamrab olishini ta'kidlaymiz va tasdiqlaymiz. Biz har bir tasvirni haqiqiy yuz ma'lumotlar to'plamimizdan tasodifiy 6 marta o'zgartiramiz. Umuman olganda, biz mashg'ulotlar uchun ishlatgan ma'lumotlarimiz 1,295 million yuzni tashkil etadi – 185K o'zgartirilmagan va 1,1M o'zgartirilgan. Bundan tashqari, Tasvirlarni ochish va Flickr-dan har biri 5K real yuzlarni ushlab turing, tasvirlarning yarmini o'zgartirilmagan, qolganlari esa o'quv ma'lumotlari bilan bir xil tarzda o'zgartirilgan. Hammasi bo'lib, tekshirish ma'lumotlari har bir toifadagi 2,5K tasvirdan iborat. {Ochiq Tasvirlar, Flickr} × {manipulyatsiya qilinmagan, boshqarilmagan}.

1-Jadval ma'lumotlarni umumlashtiradi va 2-rasm tasodifiy namunalarni ko'rsatadi.

Sinovlar to'plami: rassom tomonidan yaratilgan yuz manipulyatsiyasi. Biz professional rassom bilan 50 ta haqiqiy fotosuratni manipulyatsiya qilish orqali "haqiqiy" manipulyatsiyalarni umumlashtirish qobiliyatini sinab ko'ramiz. Yarimlari "chiroylash" yoki jozibadorlikni oshirish maqsadida manipulyatsiya qilinadi, qolgan yarmi esa yuz ifodasini ijobiy yoki salbiy tomonga o'zgartirish uchun. Bu ikkita muhim foydalanish holatini o'z ichiga oladi. Rassom FAL asbobi yordamida 50 ta tasvirni va umumiy Liquify vositasi yordamida 50 ta tasvirni yaratdi - tasvirlarni burish uchun ishlatiladigan erkin shaklli cho'tka. O'rtacha har bir rasmni tahrirlash uchun 7,8 daqiqa vaqt ketadi.

#### 4. Usullari

Bizning maqsadimiz - yuz manipulyatsiyasini aniqlash tizimini o'rgatish. Biz ikkita modelni taqdim etamiz: yuzning burishganligini bashorat qilish vazifasi yuklangan global tasniflash modeli va manipulyatsiyalar qaerda sodir bo'lishini aniqlash va ularni teskari o'zgartirish uchun ishlatilishi mumkin bo'lgan mahalliy burilishni bashorat qilish.

#### 6. Xulosa

Biz fani aniqlash uchun mo'ljallangan birinchi usulni taqdim etdik. cial burma manipulyatsiyalar va buning uchun kriminalistika modelini to'liq tasvirni tahrirlash vositasidan avtomatik tarzda yaratilgan tasvirlar bilan o'rgatish orqali amalga oshirildi. Bizning modelimiz tasvirlar manipulyatsiya qilingan yoki yo'qligini aniqlashda inson mulohazalaridan ustun bo'lishi va ko'p hollarda buzilgan tasvirlarni yaratish uchun ishlatiladigan mahalliy deformatsiya maydonini oldindan aytishga qodir ekanligini ko'rsatdik. Biz yuzning egilishini aniqlashni inson tanasi tasvirlarini tahlil qilish uchun sud-tibbiyot usullarini yaratish yo'lidagi muhim qadam sifatida ko'ramiz va bu yondashuvlarni tanani manipulyatsiya qilish va fotometrik tahrirlash, masalan, terini tekislash kelajakdagi ish uchun qiziqarli yo'llardir. Bundan tashqari, biz o'z ishimizni yorliqli ma'lumotlarsiz o'rganadigan va o'quv jarayoniga interaktiv tahrirlash vositalarini qo'shadigan sud ekspertiza vositalarini yaratish yo'lidagi qadam sifatida qaraymiz.

#### Foydalanilgan adabiyotlar

- [1] Haddan tashqari yuzni sozlang Xususiyatlari. <https://helpx.adobe.com/photoshop/how-to/face-aware-liquify.html>.3
- [2] Facetune 2. <https://www.facetuneapp.com/>.8
- [3] Snap Inc tomonidan Lens studio. <https://lensstudio.snapchat.com/>.8
- [4] Shruti Agarval va Xani Farid. Jpeg chuqurchalaridan foto sud tibbiyoti. 2017 yilda Axborot ekspertizasi va xavfsizligi (WIFS) bo'yicha IEEE seminari, 1-6-betlar. IEEE, 2017 yil.2
- [5] Irene Amerini, Tiberio Urlikio, Lamberto Ballan va Roberto Kaldelli. Ko'p domenli konvolyutsion neyron tarmoqlar orqali jpeg ikki tomonlama siqishni lokalizatsiyasi. Proc.da. Media sud ekspertizasi bo'yicha IEEE CVPR seminari, 2017.2

- [6] Hadar Averbux-Elor, Daniel Koen-Or, Yoxannes Kopf, va Maykl F Koen. Portretlarni jonlantirish. Grafika bo'yicha ACM tranzaksiyalari (TOG), 36 (6): 196, 2017.5,7
- [7] Aayush Bansal, Shugao Ma, Deva Ramanan va Yaser Shayx. Qayta ishlash: nazoratsiz videoni qayta yo'naltirish. ECCVda, 2018 yil.1
- [8] MauroBarni, Luka Bondi, Nikolo' Bonettini, Paolo Bestagini, Andrea Kostanso, Marko Maggini, Benedetta Tondi va Stefano Tubaro. Konvolyutsion neyron tarmoqlari yordamida tekislangan va tekislanmagan juft jpegni aniqlash. Journal of Visual Communication and Image Representation, 49:153–163, 2017.2
- [9] Luka Bondi, Silvia Lameri, Devid Guera, Paolo Bestagini, Edvard J. Delp va Stefano Tubaro. Kameraga asoslangan cnn xususiyatlarini klasterlash orqali buzishni aniqlash va mahalliyashtirish. 2017 yilda IEEE konferentsiyasi kompyuterda ko'rish va naqshlarni aniqlash bo'yicha seminarlar (CVPRW), sahifalar 1855–1864. IEEE, 2017.2
- [10] Karolin Chan, Shiri Ginosar, Tingxuy Chjou va Aleksey A Efros. Endi hamma raqsga tushsin. arXiv preprint arXiv: 1808.07371, 2018 yil.1
- [11] Jiansheng Chen, Xiangui Kang, Ye Liu va Z Jeyn Vang. Konvolyutsion neyron tarmoqlariga asoslangan median filtrlash kriminalistikasi. IEEE Signal Processing Letters, 22(11):1849–1853, 2015.2
- [12] Fransua Chollet. Xception: Chuqur ajraladigan konvolyutsiyalar bilan chuqur o'rganish. CVPRda, 2017 yil.5
- [13] Xoni Farid. Foto ekspertiza. MIT Press, 2016.1,2
- [14] Minyoung Xu, Endryu Liu, Endryu Ouens va Aleksey A Efros. Soxta yangiliklarga qarshi kurash: o'rganilgan o'z-o'zidan izchillik orqali tasvirni ajratish. ECCVda, 2018 yil.2,4,5
- [15] Micah K Jonson va Hany Farid. Raqamli qalbakilikni ko'zdagi yorqin nuqtalar orqali fosh qilish. Ma'lumotni yashirish bo'yicha xalqaro seminarda, 311–325-betlar. Springer, 2007 yil.2
- [16] Hyeongwoo Kim, Pablo Carrido, Ayush Tevari, Weipeng Xu, Justus Thies, Mattias Niessner, Patrik Peres, Kristian Richardt, Maykl Zollhofer va Kristian Teobalt. Chuqur video portretlar. Grafika bo'yicha ACM operatsiyalari (TOG), 37 (4): 163, 2018.1
- [17] Mattias Kirchner. Ruxsat etilgan chiziqli bashoratchi qoldiqlarini spektral tahlil qilish orqali tez va ishonchli qayta namunalarni aniqlash. Pro-da *Multimedia va xavfsizlik bo'yicha ACM 10-seminarining yakunlari*, 11–20-betlar. ACM, 2008 yil.2



- [18] Ivan Krasin, Tom Duerig, Neil Aldrin, Andreas Veit, Sami Abu-El-Haija, Serj Belongie, David Cai, Zheyun Feng, Vittorio Ferrari, Viktor Gomes va boshqalar. Ochiq tasvirlar: keng miqyosli ko‘p yorliqli va ko‘p sinfli tasvir tasnifi uchun umumiy ma’lumotlar to‘plami. Ma’lumotlar to‘plami <https://github.com/openimages>, 2(6):7, 2016 yil.2,3
- [19] Gustav Larsson, Maykl Maire va Gregori Shaxnarovich. Avtomatik rang berish uchun tasvirlarni o‘rganish. Kompyuterni ko‘rish bo‘yicha Evropa konferentsiyasida, 577-593-betlar. Springer, 2016 yil.4
- [20] Jian Li, Xiaolong Li, Bin Yang va Xingming Sun. Segmentatsiyaga asoslangan tasvirni nusxa ko‘chirish va ko‘chirish soxtaligini aniqlash sxemasi. Axborot ekspertizasi va xavfsizligi bo‘yicha IEEE operatsiyalari, 10(3): 507–518, 2015.2
- [21] Ouen Mayer va Metyu C Stamm. Noma’lum kamera modellari uchun sud-tibbiy manba o‘xshashligini bilib oldik. 2018-yilda IEEE xalqaro akustika, nutq va signallarni qayta ishlash konferensiyasi (ICASSP), 2012–2016-betlar. IEEE, 2018.2
- [22] Kayl Makdonald. AI tomonidan yaratilgan soxta tasvirlarni qanday aniqlash mumkin, dekabr 2018. <https://medium.com/@kcimc/soxta-ai-hosil-qilingan-tasvirlarni-qanday-tanish-mumkin-4d1f6f9a2842.1>
- [23] Jeyms F O‘Brayen va Xani Farid. Mos kelmaydigan aks ettirish bilan fotomanipulyatsiyani fosh qilish. ACM Trans. Grafik, 31(1):4–1, 2012.2
- [24] Aaron van den Oord, Nal Kalchbrenner va Koray Kavukcuoglu. Pikselli takrorlanuvchi neyron tarmoqlari. arXiv preprint arXiv: 1601.06759, 2016 yil.4