

RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNING NAZARIY VA AMALIY MASALALARI XALQARO JURNALI

P-ISSN: 2181-3086

E-ISSN: 2181-3094

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot
texnologiyalari universiteti Samarqand filiali

Web: <https://ijdt.uz/index.php/ijdt>



CHUQUR O'RGANISHGA ASOSLANGAN YUZ TAHLILI: XUSUSIYATLARNI AJRATIB OLIH VA HIS-TUYG'ULARNI TUSHUNISH

Abduraxmon Kurbanov¹

¹ Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali,
Jizzax, O'zbekiston
abduraxmon.1986@gmail.com

Citation: Kurbanov, A. (2024). *Chuqur o'rganishga asoslangan yuz tahlili: xususiyatlarni ajratib olish va his-tuyg'ularni tushunish. Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросов Цифровых Технологий*, 7(2), 68–76. <https://doi.org/10.62132/ijdt.v7i2.183>

Kelib tushdi: 10-aprel 2024-yil
Qabul qilindi: 26-aprel 2024-yil
Chop etildi: 30-iyun 2024-yil

DOI: <https://doi.org/10.62132/ijdt.v7i2.183>

UDK 004.89

CHUQUR O'RGANISHGA ASOSLANGAN YUZ TAHLILI: XUSUSIYATLARNI AJRATIB OLISH VA HIS-TUYG'ULARNI TUSHUNISH

Kurbanov A.A.¹

¹ Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston Milliy universitetining Jizzax filiali, Jizzax,
O'zbekiston
abduraxmon.1986@gmail.com

Annotatsiya. *Yuzni tanib olish texnologiyalari sezilarli darajada rivojlanib, fotosuratlar va videolardagi asosiy identifikatsiya va tekshirish jarayonlaridan turli sohalarda, jumladan, xavfsizlik va sog'liqni saqlashda foydalanilmoqda. Chuqur o'rganish usullarining paydo bo'lishi bilan mashinalarning yuz ifodalarini tanib olish va tahlil qilish qobiliyati an'anaviy usullardan ko'ra samarali ekanligi aniqlandi. Maqolada konvolyutsion neyron tarmoqlari va chuqur o'rganish metodologiyalari imkoniyatlaridan foydalangan holda yuz hissiyotlarini aniqlashni samarali metodlari ko'rib chiqiladi. Keltirilgan muammoni hal etish orqali biz chuqur o'rganish usullaridan nafaqat yuzni aniqlash tizimlarini yaxshilash, balki inson va kompyuter o'rtasidagi o'zaro ta'siri sohasidagi yutuqlarga sezilarli hissa qo'shish uchun qanday foydalanish mumkinligi haqida ma'lumot beriladi.*

Kalit so'zlar: *chuqur o'rganish, konvolyutsion neyron tarmoqlar, chuqur neyron tarmoqlar, mahalliy ikkilik naqshlar.*

I. KIRISH

Sun'iy intellekt va mashinali o'rganishning bir qismi bo'lgan chuqur o'rganish kompyuterlarning vizual dunyoni, xususan, yuz tahlili orqali talqin qilish va tushunish qobiliyatini oshirishga yordam berdi. Konvolyutsion neyron tarmoqlardan (KNT) foydalangan holda, chuqur o'rganish algoritmlari katta hajmdagi tasvir ma'lumotlarini qayta ishlash va tahlil qilish, yuzni aniqlash vazifalari uchun muhim bo'lgan naqsh va xususiyatlarni tanib olishga o'rgatildi. Ushbu texnologiya turli xil yorug'lik, holat va ifoda sharoitida ham individual yuzlarni farqlash va aniqlashda muhim metod hisoblanadi, bu tizim avvalgi tizimlarga nisbatan samarali ekanligi isbotlandi [1-5]. Yuz xususiyatlarini ajratib olish yuz tahlilining muhim bosqichi bo'lib, chuqur o'rganish modellari, xususan, KNT tasvirlardan ko'zlar, burun, og'iz va umumiy yuz konturlari kabi asosiy yuz xususiyatlarini aniqlash va ajratish uchun o'rgatiladi [6, 7]. Bu jarayon na faqat shaxsni tanib olish, balki yuz ifodalari va his-tuyg'ularini tahlil qilish uchun ham muhimdir [7]. Ushbu modellar tizimga real vaqtda ilovalarda uning aniqligi va samaradorligini oshirishga yordam beradigan izohli yuz tasvirlarining katta ma'lumotlar to'plami yordamida o'rgatish orqali erishiladi.

Yuzni tahlil qilishda chuqur o'rganishning qo'llanilishi xavfsizlik va kuzatuvdan sog'liqni saqlash va marketing sog'alarida keng qo'llanilmoqda. Xavfsizlik sohasida yuzni aniqlash tizimlari aeroportlarda yoki aqlli kuzatuv tizimlarida shaxsni tekshirish uchun ishlatiladi.

Sog'liqni saqlash sohasida ushbu tizimlar tibbiy sharoitlarni ko'rsatadigan yuz belgilarini tanib, bemorni kuzatish va tashxislashda yordam beradi. Biroq, yuqori aniqlik darajalariga qaramay, ma'lumotlar xilma-xilligi va tasvir sifati bilan bog'liq muammolar muhimligicha qolmoqda. Chuqur o'rganish texnologiyalari, xususan, konvolyutsion neyron tarmoqlari va qarama-qarshi avtokoderlar, his-tuyg'ularni aniqlash uchun muhim bo'lgan yuz xususiyatlarini ajratib olishda muhim rol o'ynaydi. Ushbu algoritmlar yuz ifodalarini to'g'ri talqin qilish uchun zarur bo'lgan ko'zlar, burun va og'iz kabi asosiy yuz belgilarini aniqlash va ajratishda samarali hisoblanadi [4]. Misol uchun, nazoratsiz raqib avtokodei tasvirlardagi yuz ifodalarini kodlash va dekodlash uchun ishlatiladi, bu modelning his-tuyg'ularni yuqori aniqlik bilan bashorat qilish qobiliyatini oshiradi.

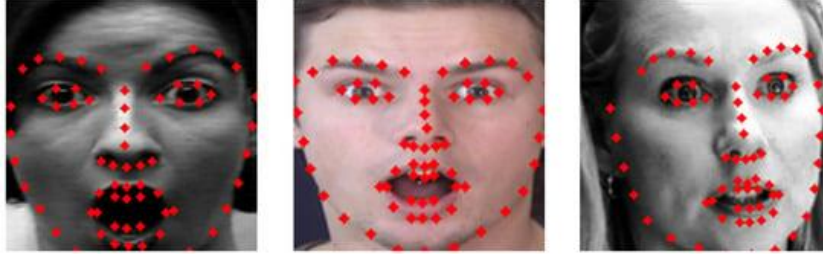
II. ASOSIY QISM

Yuz ifodasini tahlil qilishda ikkita usuldan foydalaniladi: yuz harakatlarini kodlash tizimi yordamida xususiyatlarni ajratib olish va harakat birligini aniqlash. Psixolog olim P.Ekman tomonidan yuz ifodasini aniqlash uchun maxsus harakat birliklari tizimini ishlab chiqildi [9]. Yuz xususiyatlarini ajratib olishning kent tarqalgan ikki usuli mavjud: geometrik xususiyatlarga asoslangan va tashqi ko'rinishga asoslangan xususiyatlarni ajratib olish usullari.

Geometrik xususiyatlarni ajratib olish ko'zlar, qoshlar, burun, og'iz va iyak kabi asosiy yuz

belgilari orasidagi fazoviy munosabatlar va o'lchovlarga qaratilgan. Oddiy jarayon bu belgilarni aniqlash va turli geometrik xususiyatlarni hisoblashni o'z ichiga oladi, masalan, masofalar, burchaklar, nisbatlar yoki hatto yuz tuzilishini belgilaydigan egri chiziqlar. 1-rasmda Geometrik xususiyatlarning ajratish

uchun kirish ma'lumotlar va ajratilgan nuqtalar keltirilgan. Geometrik xususiyatlarning tashqi ko'rinishdagi kichik o'zgarishlarga nisbatan mustahkamligi bu usulni yuz to'liq ko'rinmaydigan yoki aksessuarlar tomonidan o'zgartirilgan ilovalarda qulaydir.



1-rasm. 68 ta nuqtani aniqlashga misollar: (Chapdan - o'ngga - CK+, MMI va AFEW)

Geometrik xususiyatlarni aniqlashning mashhur usullaridan biri bu Faol Shakl Modeli (FSHM) bo'lib, u yuz shakllaridagi tabiiy o'zgarishlarni qo'lga kiritish uchun statistik modeldan foydalanadi. Faol shakl modeli algoritmi yuz tasviridagi belgilar to'plamini o'rtacha shaklga to'g'rilaydi va so'ngra o'quv to'plamidagi shakl o'zgarishlarini baholaydi. Yana biryondashuv - bu Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) algoritmi bo'lib, u tasvirdagi burchaklar va qirralar kabi mahalliy xususiyatlarni aniqlaydi va tavsiflaydi. Ushbu mahalliy xususiyatlar yuzlarni moslashtirish va tekislash uchun ishlatilishi mumkin, bu esa yuzni ishonchli aniqlash imkonini beradi [8].

Geometrik xususiyatlar o'z cheklovlariga ega, chunki ular ko'p jihatdan diqqatga sazovor joylarni aniqlash va tekislashning aniqligiga tayanadi. Belgilangan joylardagi kichik o'zgarishlar xususiyatni olishda jiddiy xatolarga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, geometrik xususiyatlar yuz ifodalari, holatlar va yorug'lik sharoitlaridagi o'zgarishlarga sezgir.

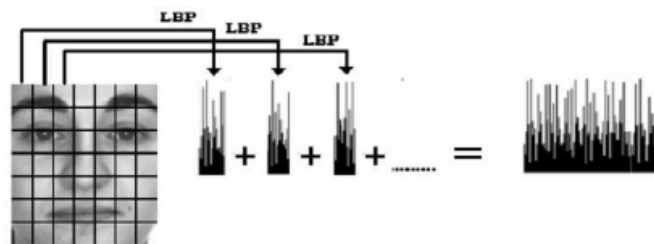
Tashqi ko'rinishga asoslangan xususiyatni ajratib olish usuli yuz bo'yab yoki yuzning muayyan hududlarida to'qima va intensivlik naqshlarini tahlil qilishni o'z ichiga oladi. Asosiy

komponentlar tahlili yoki chiziqli diskriminant tahlili kabi usullar odatda o'lchamlarni kamaytirish va muhim xususiyatlarni olish uchun ishlatiladi. Tashqi ko'rinishga asoslangan zamonaviy usullar chuqur o'rganishga, xususan, turli sharoitlarda va ma'lumotlar to'plamida yuzni aniqlash vazifalari uchun juda samarali bo'lgan murakkab va mavhum xususiyatlarni o'rganishi mumkin bo'lgan konvolyutsion neyron tarmoqlarga tayanadi.

Tashqi ko'rinishga asoslangan xususiyatlarni ajratib olish ajinlar, dog'lar va yorug'lik va soyaning yuzning turli hududlari bo'yab taqsimlanishi kabi vizual xususiyatlarini suratga olishga qaratilgan. Keyinchalik bu xususiyatlar yuzni ifodalash va potensial ifodalarni tanib olish, shaxslarni aniqlash yoki yuz atributlarini tahlil qilish uchun ishlatiladi [10, 11].

Tashqi ko'rinishga asoslangan xususiyatlarni chiqarishda qo'llaniladigan asosiy texnologiyalar:

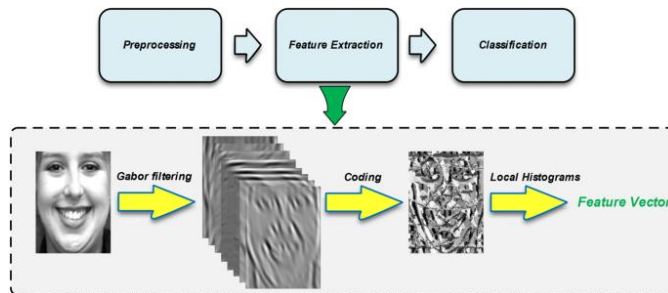
- Mahalliy ikkilik naqshlar (MIN), uslubi yuz tasvirini kichik hududlarga ajratadi va markaziy piksel va uning qo'shnilarini o'rtasidagi intensivlik munosabatlarini tahlil qiladi. Olingan naqshlar qovog'ini burish yoki tabassum kabi ifodalarni bog'liq bo'lgan ajinlar va jo'yaklarni samarali tarzda ushlab turishi mumkin (2-rasm) [15].



2-rasm. Mahalliy ikkilik naqshlarga asoslangan yuzni aniqlash uchun xususiyatlarni ajratib olish diagrammasi

Gabor filtrlari bu - Vizual korteksdan ilhomlangan filtrlar bo'lib tasvirning muayyan yo'nalishlari va chastotalariga sezgir. Ularni yuz mintaqalarida turli masshtablarda va yo'nalish-

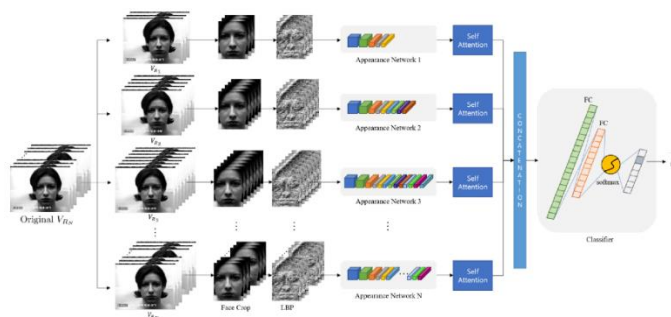
larda qo'llash orqali tizim iboralar bilan bog'liq tekstura o'zgarishlarini ajratib olishi mumkin, masalan, ajablanish uchun ko'tarilgan qoshlar (3-rasm) [16].



3-rasm. Gabor filtri yordamida xususiyatlarni ajratib olish

Chuqur konvolyutsion neyron tarmoqlari - kuchli chuqur o'rganish arxitekturalari bo'lib, ular etiketli yuzlarning katta ma'lumotlar to'plamidan yuz teksturalari va ifodalari o'rtasidagi murakkab munosabatlarni o'rganishi mumkin. KNTlar yuz

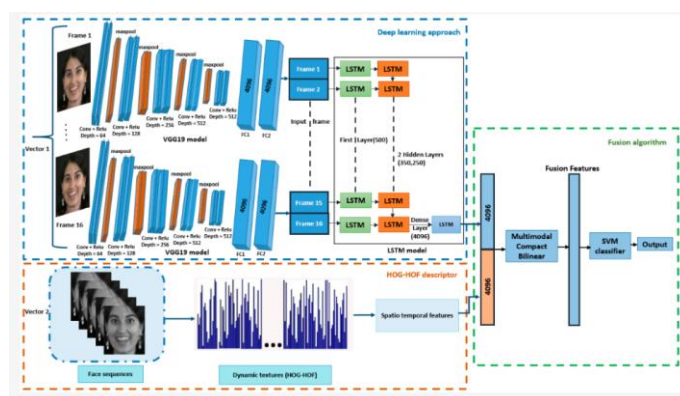
ko'rinishi ma'lumotlaridagi murakkab, chiziqli bo'lmagan naqshlarni olishda ustunlik qiladi, bu esa ifodani aniq aniqlashga olib keladi (4-rasm) [12, 13].



4-rasm. Xususiyatlarni ajratuvchi KNT arxitekturasi

Geometrik va tashqi ko'rinishga asoslangan xususiyatlarni birlashtirgan gibriz tizimlar ko'pincha ikkala yondashuvning kuchli tomonlarini qo'llash orqali yuqori samaradorlikka erishadilar.

Bu kombinatsiya, ayniqsa, turli xil yuz ifodalari, yo'nalishlari va yorug'lik sharoitlarini boshqarishda samarali bo'lishi mumkin (5-rasm).



5-rasm. Gibriz tizim

Shakl va joylashuvga bog'liq xususiyatlarga faol ko'rinish metodlari (Active Appearance

Methods) yordamida erishish mumkin. U 68 ta yuz xususiyatlari nuqtalarini belgilash uchun ishlatil-

gan. Yuz xususiyatlari nuqtalari - bu yuz tasvirlaridagi ko'rinadigan belgilar yoki tasvirlarning qiziqarli qismini tashkil etuvchi nuqtalar, masalan, ko'z markazlari, burun uchi, og'iz burchaklari va boshqa ko'zga ko'ringan yuz

nuqtalari. Ular ko'pincha mos yozuvlar yoki o'lchash uchun ishlatiladi, 6-rasmda faol ko'rinish metodlari moslashuvi va tegishli animatsiya parametrlari asosida olingan yuz xususiyatlari nuqtalari misoli keltirilgan [18].

Extracted facial feature points (FFPs)	Facial regions	FAPs Num.	Euclidean distance between FFPs	Comparing FFPs displacement with neutral frame
	Eyebrows	1, 2	D _{Vertical,1} (22, 30), D _{Vertical,2} (16, 35)	D _{D_1,Neutral} -D _{D_1,1} , D _{D_2,Neutral} -D _{D_2,2}
		3, 4	D _{Vertical,3} (25, 30), D _{Vertical,4} (19, 35)	D _{D_3,Neutral} -D _{D_3,3} , D _{D_4,Neutral} -D _{D_4,4}
		5, 6	D _{Vertical,5} (22, 28), D _{Vertical,6} (16, 33)	D _{D_5,Neutral} -D _{D_5,5} , D _{D_6,Neutral} -D _{D_6,6}
		7, 8	D _{Vertical,7} (32, 28), D _{Vertical,8} (17, 33)	D _{D_7,Neutral} -D _{D_7,7} , D _{D_8,Neutral} -D _{D_8,8}
		9, 10	D _{Vertical,9} (25, 28), D _{Vertical,10} (19, 33)	D _{D_9,Neutral} -D _{D_9,9} , D _{D_10,Neutral} -D _{D_10,10}
		11, 12	D _{Vertical,11} (23, 30), D _{Vertical,12} (17, 35)	D _{D_11,Neutral} -D _{D_11,11} , D _{D_12,Neutral} -D _{D_12,12}
	13	D _{Int,13} (19, 25)	D _{D_13,Neutral} -D _{D_13,13}	
	Eyes	14, 15	D _{Vertical,14} (29, 31), D _{Vertical,15} (34, 36)	D _{D_14,Neutral} -D _{D_14,14} , D _{D_15,Neutral} -D _{D_15,15}
		16, 17	D _{Vertical,16} (28, 49), D _{Vertical,17} (33, 55)	D _{D_16,Neutral} -D _{D_16,16} , D _{D_17,Neutral} -D _{D_17,17}
		18, 19	D _{Horizontal,18} (28, 30), D _{Horizontal,19} (33, 35)	D _{D_18,Neutral} -D _{D_18,18} , D _{D_19,Neutral} -D _{D_19,19}
	Nose	20, 21	D _{Vertical,20} (52, 68), D _{Vertical,21} (58, 68)	D _{D_20,Neutral} -D _{D_20,20} , D _{D_21,Neutral} -D _{D_21,21}
		22, 23	D _{Vertical,22} (49, 68), D _{Vertical,23} (55, 68)	D _{D_22,Neutral} -D _{D_22,22} , D _{D_23,Neutral} -D _{D_23,23}
	Mouth	24, 25	D _{Vertical,24} (52, 58), D _{Horizontal,25} (49, 55)	D _{D_24,Neutral} -D _{D_24,24} , D _{D_25,Neutral} -D _{D_25,25}
Facial	26, 27	D _{Horizontal,26} (5, 58), D _{Horizontal,27} (11, 58)	D _{D_26,Neutral} -D _{D_26,26} , D _{D_27,Neutral} -D _{D_27,27}	
	28, 29	D _{Horizontal,28} (2, 68), D _{Horizontal,29} (14, 68)	D _{D_28,Neutral} -D _{D_28,28} , D _{D_29,Neutral} -D _{D_29,29}	
Contours	30	D _{Vertical,30} (8, 68)	D _{D_30,Neutral} -D _{D_30,30}	

6-rasm. Yuz xususiyatlari nuqtalari

Yuz xususiyatlari nuqtalari, shuningdek, yuz nuqtalari, ishonchli yuz nuqtalari yoki yuz belgilari deb ataladi. 6-rasmda ko'rsatilgan nuqtalar $x=(x_1, x_2, \dots, x_N, y_1, y_2, \dots, y_N)^T$ shaklini ifodalash uchun birlashtirilishi mumkin, bu yerda (x_i, y_i) joyini bildiradi. i -chi nuqta va N - nuqtalar soni (bu yerda $N=68$). Yuz xususiyatlari nuqtalari odamlar orasida normallashtirishni osonlashtirish uchun yuz animatsiyasi parametrlariga guruhlangan. Har bir yuz animatsiyasi parametrlar yuzdagi asosiy masofa segmentini aniqlaydi. Faol ko'rinish metodlari haqida dastlab Cootes va Teylor [19] o'zlarining ilmiy ishlarida ko'rib chiqqan. Ular taklif etgan usul yuzni aniqlash texnologiyalarining bir nechta texnologiyalarida, jumladan, yuzni qidirish algoritmlarini boshlashda yordam berish va xususiyatlarni ajratib olish qobiliyati

bilan his-tuyg'ularni tanib olishda yaxshi samara bergan [19, 20].

Yuzni affektiv kodlash tizimlari (YAKT) sohasida bir qancha olimlar tomonidan yuzning ta'sirchan kodlash tizimi uchun maxsus Active unit (faol yuz qismi ma'nosida) yuz mushaklarining harakati birligini taklif etishgan. Yuz harakati birligi tadqiqoti yuz mushaklari harakatini o'rganadi va yuz harakati o'zgarishlarini ta'riflaydi. Ekman Paul va Friesen ishlariga asoslanib, Facial Action Coding System (FACS) o'lchov texnologiyasida yuz ifodasini qo'llashning eng samarali usullaridan biri sifatida qarash mumkin [18]. Harakat birliklari orqali yuz ifodalarini aniq ajratib olishlari mumkin, ammo ular aniq joylashuvi tufayli yuz ifodasini aniqlashda kamroq qo'llaniladi, 7-rasmda harakat birliklarining ayrim misollari keltirilgan.

Example				
Description	AU1-Inner Brow Raiser	AU4-Brow Lowered	AU13-Cheek Puffer	AU17-Chin Raiser
Muscles	<i>Frontalis, pars medialis</i>	<i>Corrugator supercilii, Depressor supercilii</i>	<i>Levator anguli oris (a.k.a. Caninus)</i>	<i>Mentalis</i>
Example				
Description	AU27-Mouth Stretch	AU41-Lid droop	AU52-Head turn right	AU57-Head forward
Muscles	<i>Pterygoids, Digastric</i>	<i>Relaxation of Levator palpebrae superioris</i>		

7-rasm. Harakat birligi va unda ishtirok etuvchi yuz mushaklari

Yuqoridagi rasmda yuz tasvirlarida aniqlangan harakat birliklari aks ettirilgan. Muskullar yuz mushaklarida yoki butun yuzda

bajarilgan harakatni ko'rsatadi. Tuyg'u ifodasi ba'zi o'ziga xos harakat birliklarining aniqlangan kombinatsiyasiga mos keladi va 1-jadvalda

mumkin bo'lgan kombinatsiyalar va ularga mos keladigan yuz hissiyotlari ifodasi keltirilgan [21].

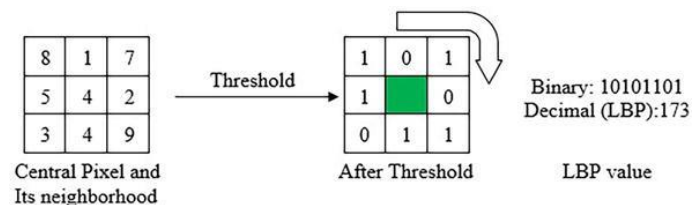
1-jadval. Tuyg'ularni tahlil qilish uchun harakat birliklari kombinatsiyasi

Harakat birliklari kombinatsiyasi	Tavsif	Hissiyot
4 + 5 + 7 + 23	Qosh tushirgich, yuqori qovoqni ko'taruvchi, qovoqni tortuvchi, labni tortuvchi	G'azab
9 + 15 + 16	Buruni burishtiruvchi, lablar burchagini tushiruvchi, pastki labni tushiruvchi	Nafrat
1 + 2 + 4 + 5 + 7 + 20 + 26	Ichki qosh ko'taruvchi, tashqi qosh ko'taruvchi, qosh tushiruvchi, yuqori qovoq ko'taruvchi, qovoqni tortuvchi, lab zambil, jag'ni tushirish	Qo'rquv
6 + 12	Yonoqlarni ko'taruvchi, lablar burchagini tortuvchi	Baxt / quvonch
1 + 4 + 15	Ichki qosh ko'taruvchi, qosh tushiruvchi, lab burchagini tushiruvchi	G'amginlik
1 + 2 + 5 + 26	Ichki qosh ko'taruvchi, tashqi qosh ko'taruvchi, yuqori qovoq ko'taruvchi, jag'ni tushirish	Ajablanish

Mahalliy ikkilik naqsh (Lokal Binary Patten (LBP)) usuli asosan kompyuterda ko'rish va tasvimi qayta ishlash dasturlarida, masalan, obyektning aniqlash, obyektning kuzatish, yuzni tanish va barmoq izini moslashtirishda qo'llaniladigan tekstura operatoridir. Bu real vaqt va juda yuqori kadr tezligi ilovalari uchun yaxshi operator. LBP har bir tasvir pikseli uchun xususiyatlarini hisoblaydi, shuning uchun LBP xususiyatlarini real vaqt rejimida olish katta hisoblash ko'rsatkichlarini talab qiladi. Bu tekstura tahlili uchun taklif qilingan va u yorug'lik o'zgarishlariga befarq bo'lib, aylanish o'zgarishligi xususiyatiga ega.

Quyida LBP dan foydalangan holda yuz xususiyatlarini aniqlash masalasini ko'rib o'tamiz.

LBP xususiyati joriy tasvir pikseli atrofidagi mahalliy ikkilik vektordir. Asosiy LBP operatori 3*3 lokal piksel bo'lib, u LBP 8,1 deb ham ataladi, ya'ni bitta markazli to'qqiz piksel va sakkiz lokal pikseli tizim. LBP xususiyatining qiymati har bir pikselning yorqinligini markaziy pikselning yorqinligiga nisbatan chegaralash natijasidir. Farq ijobiy bo'lsa 1 ga, aks holda 0 ga teng. Olingan ikkilik son 8-rasmda ko'rsatilganidek, yuqoridagi barcha ikkilik kodlarni soat yo'nalishi bo'yicha, chapdan yuqoridan boshlab, birlashtirish orqali hisoblanadi va teglash uchun mos keladigan o'nlik qiymatdan foydalaniladi. Olingan raqamlar mahalliy ikkilik naqshlari yoki LBP kodlari sifatida belgilanadi.



8-rasm. LBP operatori

3x3 vektorning asosiy operatori keng ko'lamli tuzilmalar bilan dominant xususiyatlarni qo'lga kiritish uchun kichikdir. Ba'zi olimlar tomonidan har xil o'lchamdagi mahallalardan foydalangan holda turli masshtablarda tekstura bilan shug'ullanishni yaxshi biladigan ilg'or operator taklif qilindi. Namuna olish nuqtalari to'plami lokal va ichki belgilash uchun joriy piksel markazida joylashgan doira bo'ylab teng ravishda joylashtirilgan. Ikki chiziqli interpolyatsiya piksellari ichida bo'lmagan nuqtalarni interpolyatsiya qilish imkonini beradi, bu esa har

qanday o'lchamdagi radiusdan foydalanishga va qo'shni hududda istalgan miqdordagi namuna olish nuqtalariga ega bo'lishga imkon beradi. Ba'zi misollar 9-rasmda tasvirlangan. Hamda keltirilgan doiraviy (8, 1), (16, 2) va (24, 3) ga kengaytirilgan LBP operatorining misoli keltirib o'tilgan.

(x_c, y_c) pikselni hisobga olgan holda, R radiusli doiradagi P namuna olish nuqtalari qo'shnisi bo'lgan kengaytirilgan LBP (P, R) operatori uchun LBPni o'nlik shaklda quyidagicha hisoblash mumkin:

$$LBP_{(P,R)}(x_c, y_c) = \sum_{i=0}^{P-1} s(i_p - i_c) 2^i, \quad (1)$$

bu yerda i_c va i_p markaziy piksel va uning qo'shnisining kulrang darajali qiymatlari, P - radiusi R bo'lgan aylana atrofidagi piksellar soni va funksiya quyidagicha aniqlanadi:

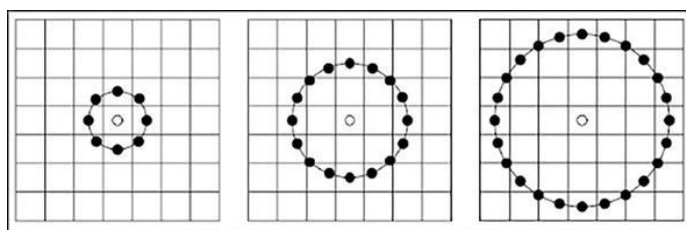
$$s(x) = \begin{cases} 1 & \text{agar } x \geq 0, \\ 0 & \text{agar } x < 0. \end{cases} \quad (2)$$

$LBP_{(P,R)}$ funksiyasi P piksellar tomonidan hosil qilingan 2^P turli ikkilik naqshlarga mos keladigan 2^P turli chiqish qiymatlarini ishlab chiqaradi. Bu kengaytirilgan LBP tasvirni aylantirsa ham

o'zgarmaydi va u bilan ishlash uchun aylanish o'zgarmas LBP xosil bo'ladi va quyidagi tarzda hisoblanadi:

$$LBP_{P,R}^{ri} = \min \{ ROR(LBP_{(P,R)}, i) \mid i = 0, 1, \dots, P-1 \}, \quad (3)$$

bu yerda ROR $u \cdot i$ marta P -bit soni bo'yicha o'ngga aylana siljishini bajaradi. Ushbu operator tasvirdagi ma'lum mikro funksiyalarga mos keladigan individual aylanish o'zgarmas naqshlarining paydo bo'lish statistikasini hisoblab chiqadi. Bu real vaqt va juda yuqori kadr tezligi ilovalari uchun yaxshi operator hisoblanadi.



9-rasm. Kengaytirilgan LBP operatori

LBP monotonik kulrang o'zgarishlarga qarshi o'zgarasdir va aylanishning o'zgaras teksturasini tahlil qilish uchun kengaytmalarga ega. LBPda boshqalarga qaraganda ko'proq ma'lumotni o'z ichiga olgan naqshlar mavjud bo'lib, $LBP_{P,R}^{U2}$ "bir xil naqshlar" deb nomlanadi. Darhaqiqat, tasvirning teksturasini ifodalash uchun 2^P ikkilik naqshning kichik to'plamidan foydalanish mumkin. Yagona mahalliy ikkilik naqshlar 0 dan 1 gacha bo'lgan ko'pi bilan ikki bitli o'tishni o'z ichiga olgan naqshlardir. Aksincha mos keladigan bit qatori dumaloq deb hisoblanganda. Masalan,

- 00000000 (0 o'tish),
- 01110000 (2 ta o'tish),
- 11001111 (2 ta o'tish),
- 11001001 (4 ta o'tish),
- 01010011 (6 ta o'tish).

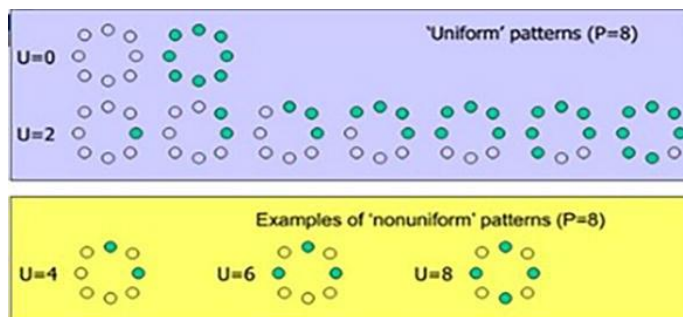
Tabiiy tasvirlarda LBP bir xil bo'ladi. Yagona qiymatni quyidagi tenglama yordamida topish mumkin:

$$LBP_{P,R}^{U2} = \begin{cases} \sum_{p=0}^{P-1} s(i^p - i^0), & U(LBP_{P,R}) \leq 2, \\ P(P-1) + 2 & \text{aks holda } 0. \end{cases} \quad (4)$$

Bunda:

$$U(LBP_{P,R}) = |s(i_{P-1} - i_c) - s(i_0 - i_c)| + \sum_{p=1}^P |s(i_p - i_c) - s(i_{p-1} - i_c)|.$$

Agar $U \leq 2$ bo'lsa, U bir xil LBP, aks holda U bir xil bo'lmagan LBP hisoblanadi. LBP bo'shliq o'lehami 2^P dan $P \cdot (P-1) + 2$ chiqish qiymatlariga qisqartiriladi. Quyida bir xil va bir xil bo'lmagan naqshlarga misol keltirilgan (10-rasm).



10-rasm. Bir xil va bir xil bo'lmagan naqshlar

III. NATIJALAR VA TAHLILLAR

Yuz ifodasini aniqlash tezligiga klassifikatomi o'qitish uchun ishlatiladigan asosiy xususiyatlar ko'proq ta'sir qiladi. Yuz xususiyatlarini ajratib olish bo'yicha tadqiqotlarda aytib o'tilganidek,

xususiyatlarni ajratib olish usullarining ikkita asosiy toifasi mavjud: geometrik asosli va tashqi ko'rinishga asoslangan. 2-jadval xususiyatlarni ajratib olish bo'yicha tadqiqot natijalari keltirilgan.

2-jadval. Turli xil xususiyatlarni ajratib olish usullarining tasnifi

Xususiyat toifasi	Xususiyat tafsilotlari	Texnikalar	Ilovalar
Geometrik asosga ega	FFP	Faol ko'rinish modeli	Tekstura va shakl
		Faol shakl modeli	Shakl
	FACS	PCA, xususiyatga asoslangan yondashuv va yuz harakati tahliliga asoslangan yaxlit fazoviy tahlil	Harakat birliklari
		Konvolyutsion ekspertlar cheklangan mahalliy model va yo'naltirilgan gradientlarning histogrammalari	Geometrik va tashqi ko'rinish xususiyatlari
Tashqi ko'rinishga asoslangan	LBP	Yaxshilangan LBP	Markaziy piksellarning effektlari
		Hamming LBP	Shovqin buzilishidan kelib chiqadigan xatolik darajasining pasayishi
		Kengaytirilgan LBP	Yoritishning xilma-xilligi bilan shug'ullanadi
		Tugallangan LBP	Aylanish o'zgarishligi uchun yaxshiroq tekstura tasnifi
		Mahalliy uchlik naqshlar	Diskriminant va bir xil hududlarda shovqinga nisbatan kam sezgir
		Yumshoq LBP	Shovqinga chidamli va kirishga qarab doimiy chiqish
		Cho'zilgan LBP	Yangi xususiyat O'rtacha maksimal masofa gradient kattaligi (AMDGM)
Gibrid model		FMulti-Block LBP	Yana mustahkam va integral tasvirni hisobga oling
		3D LBP	3D formatida tekstura tahlili
		LBP va SIFT	Yoritish o'zgarishlariga bardoshlilik, hatto tasvir maydonlarida mustahkamlik va hisoblash samaradorligi
		LBP va Gabor to'lqinlari	Yuz modelini yaratish uchun o'qitish jarayoni kerak emas
		LBP Furie gistogrammasi	Aylanish o'zgarish tasvir deskriptori
	EOH	Haar to'lqini va EOH	Tartibsiz muhitda ob'ekt o'zgarishi
		EOH tabassum uchun	Tabassumni tasvirlash uchun labni ajrating
	LDN	LDN asosiy	Yuz to'qimalarining yo'nalishi bo'yicha ma'lumot
		LDPv	yuz tarkibiy qismlarining teksturasi va kontrasti haqida ma'lumot

Yuqoridagi jadvalda ushbu tasnifdan xususiyatlarni ajratib olishning asosan ikkita toifasi mavjud: tashqi ko'rinishga asoslangan va

geometrik asosli. Turli xil keltirilgan usullar yoki usullar yuz ifodasi xususiyatlarini ajratib olish, shuningdek, boshqa xususiyatlarni chiqarish bilan

bog'liq ishlar uchun qo'llaniladi. Geometrik xususiyatlarni ajratib olish orasida faol ko'rinish modeli, asosan, real vaqtda samarali qo'llash uchun vektor o'lchamini kamaytirish uchun asosiy komponentlarni tahlil qilish usuli bilan birgalikda qo'llaniladi. Tashqi ko'rinishga asoslangan xususiyatlarni ajratib olish orasida mahalliy asoslangan naqsh algoritmi asosan adabiyotda topilgan va juda ko'p sarflangan.

V. XULOSA

Mazkur maqolada chuqur o'rganish yordamida yuz hissiyotlarini aniqlash uchun yuz xususiyatini aniqlashning turli usullari ko'rib chiqildi hamda ma'lumotlar to'plamini tayyorlash, yuz xususiyatini aniqlash va inson his-tuyg'ularini tanib olish uchun chuqur o'rganish modellarini yaratish va optimallashtirishga cha bo'lgan jarayon qamrab olindi. Ushbu jarayonda konvolyutsion neyron tarmoqlari va boshqa chuqur o'rganish metodologiyalarining hozirgi imkoniyatlari yuz ifodalari noverbal muloqot orqali o'zaro munosabatlarimizda muhim o'rin tutishi haqida xulosalar chiqarildi.

Ushbu ishda taklif etilgan metodologiya an'anaviy va chuqur o'rganish yondashuvlarining kuchli tomonlarini birlashtirib, ularning kamchiliklarini kamaytirish orqali yuz ifodasini aniqlashda sezilarli muvaffaqiyatni ifodalaydi. Ushbu yondashuv an'anaviy algoritmlarga nisbatan yuqori samaradorlikni namoyish qiluvchi yanada mustahkam va aniq tizimlarni ishlab chiqishga turtki bo'ladi.

ADABIYOTLAR

- [1] *Jason Brownlee*, A Gentle Introduction to Deep Learning for Face Recognition, on July 5, 2019 in Deep Learning for Computer Vision.
- [2] *David Clinton*, Understanding Facial Recognition with Deep Learning, <https://blog.paperspace.com/facial-recognition-with-deep-learning/>
- [3] *R. Ranjan et al.*, "Deep Learning for Understanding Faces: Machines May Be Just as Good, or Better, than Humans," in IEEE Signal Processing Magazine, vol. 35, no. 1, pp. 66-83, Jan. 2018, doi: 10.1109/MSP.2017.2764116.
- [4] *Lu X* (2022) Deep Learning Based Emotion Recognition and Visualization of Figural Representation. Front. Psychol. 12:818833. doi: 10.3389/fpsyg.2021.818833
- [5] *Stanislav Kutnyk*, Improve AI Facial Recognition Accuracy Using Deep Learning.
- [6] *Wafa Mellouk, Wahida Handouzi*, Facial emotion recognition using deep learning: review and insights, *Procedia Computer Science* Volume 175, 2020, Pages 689-694.
- [7] *Guodong Guo, Na Zhang*, A survey on deep learning based face recognition, *Computer Vision and Image Understanding*, Volume 189, December 2019, 102805, <https://doi.org/10.1016/j.cviu.2019.102805>
- [8] *Huang, ZY., Chiang, CC., Chen, JH. et al.* A study on computer vision for facial emotion recognition. *Sci Rep* 13, 8425 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35446-4>
- [9] *Ekman, P.* (2016). What Scientists Who Study Emotion Agree About. *Perspectives on Psychological Science*, 11(1), 31-34.
- [10] *Rasmussen, S.H.R., Ludeke, S.G. & Klemmensen, R.* Using deep learning to predict ideology from facial photographs: expressions, beauty, and extra-facial information. *Sci Rep* 13, 5257 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31796-1>
- [11] *B, R.T., D, M., Duvva, L. et al.* Deep Learning Feature Extraction Architectures for Real-Time Face Detection. *SN COMPUT. SCI.* 4, 645 (2023). <https://doi.org/10.1007/s42979-023-02023-5>
- [12] *Bian, Y.; Küster, D.; Liu, H.; Krumhuber, E.G.* Understanding Naturalistic Facial Expressions with Deep Learning and Multimodal Large Language Models. *Sensors* 2024, 24, 126. <https://doi.org/10.3390/s24010126>
- [13] *Ko BC.* A Brief Review of Facial Emotion Recognition Based on Visual Information. *Sensors (Basel)*. 2018 Jan 30;18(2):401. doi: 10.3390/s18020401. PMID: 29385749; PMCID: PMC5856145.
- [14] *Onyema EM, Shukla PK, Dalal S, Mathur MN, Zakariah M, Tiwari B.* Enhancement of Patient Facial Recognition through Deep Learning Algorithm: ConvNet. *J Healthc Eng.* 2021 Dec 6;2021:5196000. doi: 10.1155/2021/5196000. PMID: 34912534; PMCID: PMC8668299.
- [15] *Gupta, S., Kumar, P. & Tekchandani, R.K.* Facial emotion recognition based real-time learner engagement detection system in online learning context using deep learning models. *Multimed Tools Appl* 82, 11365–11394 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13558-9>

- [16] Mazher Iqbal, J.L.; Senthil Kumar, M.; Mishra Geetishree ; Asha, G.R.; Saritha, Karthik, A; J.V.N.; BonthuKotaiyah, N. (2023). Facial emotion recognition using geometrical features based deep learning techniques, International Journal of Computers Communications & Control, 18(4), 4644, 2023. DOI: 10.15837/ijccc.2023.4.4644
- [17] Jeong, D.; Kim, B.-G.; Dong, S.-Y. Deep Joint Spatiotemporal Network (DJSTN) for Efficient Facial Expression Recognition. Sensors 2020, 20, 1936. <https://doi.org/10.3390/s20071936>
- [18] Mukeshimana M, Niyongere A, Ndikumagenge J. Facial Emotion Recognition Feature Extraction: A Survey [Internet]. Emotion Recognition - Recent Advances, New Perspectives and Applications. IntechOpen; 2023. Available from: <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.110597>
- [19] Cootes TF, Edwards GJ, Taylor CJ. Active appearance models. In: Proceedings of the Fifth European Conference on Computer Vision (ECCV'98). Vol. 1407. Freiburg, Germany: LNCS; 1998. pp. 484-498
- [20] Kurbanov Abdurahmon. AI models of affective computing. / International Conference of Contemporary Scientific and Technical Research. 2023.
- [21] Kurbanov Abdurahmon Alishboyevich. Using affective computing systems in modern education. // Journal Science and innovation. 2023.

Поступила в редакцию 10.04.2024

Citation: Kurbanov, A. (2024). *Chuqur o'rganishga asoslangan yuz tahlili: xususiyatlarni ajratib olish va his-tuyg'ularni tushunish. Международный Журнал Теоретических и Прикладных Вопросов Цифровых Технологий, 7(2), 68–76.* <https://doi.org/10.62132/ijdt.v7i2.183>

DEEP LEARNING-BASED FACE ANALYSIS: FEATURE EXTRACTION AND EMOTION UNDERSTANDING

Kurbanov A.A.¹

¹ Jizzakh branch of the National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek, Jizzakh, Uzbekistan
abduraxmon.1986@gmail.com

Abstract. *This article reviews effective facial emotion recognition methods using convolutional neural networks and deep learning methodologies. While we cover the ins and outs of building and training a convolutional neural network, we try to provide readers with a thorough understanding of the underlying technologies and their applications in real-time facial emotion recognition. By addressing the problem presented in this paper, we provide insight into how deep learning techniques can be used not only to improve facial recognition systems, but also to significantly contribute to advances in human-computer interaction.*

Keywords: *convolutional neural networks, deep neural networks, Local binary patterns.*

АНАЛИЗ ЛИЦА НА ОСНОВЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ: ИЗВЛЕЧЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ И ПОНИМАНИЕ ЭМОЦИЙ

Курбанов А.А.¹

¹ Джизакский филиал Национального университета Узбекистана имени Мирзо Улугбека, Джизак, Узбекистан
abduraxmon.1986@gmail.com

Аннотация. *В статье рассматриваются эффективные методы распознавания эмоций по лицу с использованием сверточных нейронных сетей и методологий глубокого обучения. Раскрывая все тонкости построения и обучения сверточной нейронной сети, мы пытаемся предоставить читателям глубокое понимание основных технологий и их применения в распознавании эмоций лица в реальном времени. Решая проблему, представленную в этой статье, мы даем представление о том, как методы глубокого обучения можно использовать не только для улучшения систем распознавания лиц, но и внести значительный вклад в развитие взаимодействия человека и компьютера.*

Ключевые слова: *сверточные нейронные сети, глубокие нейронные сети, локальные бинарные шаблоны.*