

UO‘K 004.8

YUZ TASVIRINI GABOR FILTRI ASOSIDA SEGMENTLASH

⁺ *Mamatov N.S.¹, Niyozmatova N.A.¹, Tojiboeva Sh.X.¹, Mashanpin T.V.¹,
Yaxyayev B.Yu.²*

¹ “Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti”
Milliy tadqiqot universiteti, Toshkent, O‘zbekiston

² Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti,
Toshkent, O‘zbekiston

⁺ m_narzullo@mail.ru

Annotatsiya. Yuzni tanib olish muhim qismlaridan biri sifatida yuz tasvirini segmentatsiyalash inson belgilarini aniqlashning asosiy yo‘nalishiga aylangan. Ushbu maqolada AdaBoost algoritmi va Gabor tekstura tahlili algoritmidan foydalanilib, bir nechta yuzlarni o‘z ichiga olgan tasvir segmentatsiyalanadi, bu esa yuz tasvirini segmentatsiyalashdagi noto‘g‘ri aniqlash darajasini samarali kamaytirilgan, yuz tasvirini segmentatsiyalashda, yuz ma‘lumotlarini o‘z ichiga olgan tasvir avval Gabor algoritmi orqali tekstura bo‘yicha tahlil qilinadi va turli teriga o‘xshash sohalarni turli bo‘lag‘alari o‘rnatiladi, bu orqali tasvirni fon ma‘lumotlaridagi teriga o‘xshash sohalar olib tashlanadi. So‘ngra AdaBoost algoritmi yordamida yuz sohalari aniqlanadi va aniqlangan yuz sohalari segmentatsiyalanadi. Tajribalar taklif etilgan usulni tasvirdagi yuzlarni tez va aniq segmentatsiyalay olishi hamda yo‘qotish va noto‘g‘ri aniqlash darajasini samarali kamaytirishini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: yuz tasviri, Gabor filtri, AdaBoost.

1 KIRISH

Tasvirlar bilan bog‘liq bo‘lgan intellektual tizimlarning rivojlanishi tasvirlarni avtomatik tahlil qilish va tanib olish sohasidagi natijalarga bevosita bog‘liq bo‘lib, bu yo‘nalishdagi algoritmlar samaradorligi umumiy tizim aniqligiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, yuz tasvirlari bilan ishlovchi biometrik tizimlarda inson Yuzidagi muhim tuzilmalarni to‘g‘ri segmentlash navbatdagi tahlil bosqichlari, xususan shaxsni tanib olish, his-tuyg‘ularni aniqlashda muhim ahamiyat kasb etadi. Shuning uchun yuz tasvirini tezkor va aniq segmentlash algoritmlarni yaratish hozirgi kunning dolzarb va ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Yuz tasvirini segmentlashning maqsadi tasvirdagi aniq tuzilmalarni aniqlash va ularni alohida qism sifatida ajratishdan iborat bo‘lib, u biometrik tizimlar, xavfsizlik, inson-kompYuter muloqoti kabi ko‘plab sohalarda keng qo‘llaniladi [1]. Bunda turli filtrlash va belgilar ajratish usul va algoritmlari asosiy vositalaridan biri bo‘lib, filtrlar Yuqori aniqlik va samaradorlikka ega hisoblanadi. Ana shunday filtrlardan biri Gabor filtrlari bo‘lib, u ma‘lum bir yo‘nalish va chastotaga ega bo‘lgan to‘lqinsimon funktsiyalar asosida ishlaydi. Ular tasvirdagi lokal tuzilma va teksturalarni ajratishda ko‘plab qulayliklarga ega. Ayniqsa, yuzdagi kichik tuzilmalarni aniqlashda samarali hisoblanadi. Shuning uchun Gabor filtrlaridan foydalangan holda yuz segmentlash nafaqat geometriya, balki tekstura asosida ham aniqlikni oshiradi.

Yuzni tanib olishning asosiy bosqichi yuz tasvirini segmentlash bo‘lib, uni aniq va tez segmentlash tanib olish tezligi va aniqligini oshirish uchun juda muhimdir [2]. Biroq, bosh holati, to‘siqlar, tasvir yo‘nalishi, yoritganligi va yuz mimikasi ta‘siri Yuzni segmentlashda turli muammolarga yuzaga keltiradi [3-4]. Yuzlarni o‘z ichiga olgan tasvirlar bo‘yicha dastlabki tadqiqotlar asosan moslashuvchan va deformatsiya modeliga qaratilgan. Ular odatda yuzni old tomoniga qaragan holdagi tasvirlarni sodda fon va o‘zgarimas sharoitlarda aniqlaydi oladi. Shuning uchun ularni aniqlash yo‘llari nisbatan cheklangan. Yuz tasvirini aniqlash bunday tizimlari hatto yuz tasvirini aniqlash sharoitida o‘zgarishlar bo‘lmaganda ham parametrlarni sozlashni talab qiladi. Bu esa tadqiqotchilarni ijobiy yuz tasviri tadqiqoti, yuzni tanib olish va video kodlash tizimiga ko‘proq e‘tibor berishga chorladi.

So‘nggi yillarda yuz tasvirini segmentlash tadqiqotlarni dolzarb yo‘nalishiga aylandi. Tadqiqotchilar harakat, teri rangi va umumiy ma‘lumotga asoslangan ko‘plab usul va algoritmlarni ishlab chiqdilar. Statistik usullar va neyron tarmoqlardan foydalanish murakkab fonlardagi yuz ma‘lumotlarini aniqlash imkonini berdi va Yuz tasvirini segmentlash aniqligini sezilarli darajada oshirdi. Bundan tashqari, Yuz

xususiyatlarini aniq joylashuvi bilan boshqarishga qodir bo'lgan usullarni loyihalash sohasida ham sezilarli yutuqlarga erishildi. Bu bo'yicha so'nggi tadqiqotlar statistik tahlil modeli [5], neyron tarmoqlar asosidagi o'qitish usuli [6], SVM usuli [7], Markov tasodifiy maydoni modeli [8], BDF usuli [9], teri rangiga asoslangan Yuzni aniqlash hamda boshqa statistik ma'lumotlardan foydalanishga qaratilgan.

Hozirgi kunda yuz tasvirini segmentlash va tanib olishni tez rivojlanishi uni amaliy imkoniyatlarini yanada kengaytirdi. Yuz tasvirini segmentlash va tanib olish mavjud usullarini uch guruhga ajratish mumkin.

Birinchisi bu bilimga asoslangan usullar bo'lib, ular yuzni tanib olishda yuz sohasiga oid qoidalardan foydalanadi [10, 11]. Bunda yuzni turli sohalari uchun aniq tajriba asosida shakllangan qoidalar mavjud bo'lib, ular yuz ifodalari orqali lokal xususiyatlarni aniqlashi mumkin. Yan va Xuang [12] bilimga asoslangan ierarxik usul orqali inson yuzini aniqlash uchun uch bosqichli tizim ishlab chiqishgan. Biroq, bu yondashuvda ma'lum bir muammolar mavjud bo'lib, asosiy muammo inson tajribasini aniq qoidalar va usullarga o'tkazishda Yuzaga keladi. Bu esa berilgan qoidalar doirasidan tashqaridagi yuz sohalarni to'g'ri aniqlashda murakkabliklar va ayrim yuz xususiyatlarini yo'qolishiga olib keladi. Agar qoidalar juda umumiy bo'lsa, u holda noto'g'ri aniqlash ko'payishi mumkin. Bundan tashqari, mazkur usul barcha holatlarni qamray olmaydi, natijada turli holatlardagi Yuzlarni aniqlash murakkablashadi.

Ikkinchi tur esa teri rangiga asoslangan usul [13] bo'lib, unda teri rangi Yuz joylashuvini aniqlashda muhim ma'lumot sifatida xizmat qiladi va u Yuzni alohida elementlariga bog'liq bo'lmaydi. Teri rangi o'zgarish qobiliyatiga ega biroq, nisbatan barqaror, fondagi murakkab ranglardan oson ajratib olinishi mumkin. Holat va tezlikka nisbatan invariant bo'lganligi uchun bu usul Yuz tasvirini segmentlashda keng qo'llaniladi va ayrim tanib olish algoritmlari uchun yaxshi natijalarni ta'minlaydi. Terini aniqlanishi yorug'lik, shovqin va to'sib turuvchi ob'ektlar hisobiga jiddiy buzilishi mumkin. Bu esa teri rangi funktsiyasi samaradorligini pasaytiradi va algoritm ishlashini murakkablashtiradi. Teri rangi usulini ma'lum cheklovlari mavjud biroq, u ko'plab afzalliklarga ham ega. Masalan, bir xil xususiyatga ega bo'lgan takrorlanuvchi fonlarda ham Yuzni aniqlash mumkin. Ushbu usulda yuz o'lchami va yo'nalishiga cheklov yo'q, qayta ishlash tezligi yuqori va haqiqiy yuzni aniqlash hamda lokallashtirish qulay. Bu ayniqsa, fon rangi murakkab va xilma-xil bo'lgan hollarda yuz tasvirini segmentlashda teri rangi bo'yicha turli bo'sag'a qiymatlari asosida yuz sohalarni ajratish, aniqlash va Yuz xususiyatlari bilan taqqoslash orqali yuz sohalarni samarali lokallashtirish imkonini beradi.

Yuz aniqlashni uchinchi turi esa modelga moslash (model matching) tamoyiliga asoslanadi [14]. Bu usulda saqlangan yuz tasviri va algoritm orqali ko'z, burin hamda yuzning boshqa xususiyatlari shaklini aks ettiruvchi standart yoki moslashuvchan model yaratiladi [15]. So'ngra aniqlangan hudud va model orasidagi o'xshashliklar tahlil qilinib, hudud yuz yoki yuzga xos obyekt ekanligi aniqlanadi. Liang va Ai besh turdagi yuz aniqlash shablonlaridan, ya'ni ko'zlarni aniqlash bo'yicha bitta va uzunlik-nisbati asosidagi yuz turlarini aniqlash bo'yicha to'rtta shablon qo'llanilgan. Bu usul amaliyotda samarali natijalarni ko'rsatgan. Biroq, undan murakkab fonli tasvirlarda yuzni aniqlash uchun turli yondashuv va maxsus modellarni ishlab chiqish talab etiladi. Yashirin modellarini aniq ta'riflash murakkab bo'lib, bir tomondan, turli yuzlarni aks ettiruvchi shablonlar murakkab fonlardan yuzni aniq ajrata olmaydi, ikkinchi tomondan esa, fonni aniq farqlay oladigan shablonlar yuzlarni to'g'ri ifodalamasligi mumkin. Shuning uchun bunday usullardan foydalanuvchi tadqiqotchilardan model va xato orasidagi muvozanatni ta'minlashlari talab etiladi.

Yuz tasvirini segmentlashda aniqlik va barqarorlikni oshirish maqsadida, mazkur ishda AdaBoost algoritmi [17] va Gabor filtri [18] birgalikda qo'llanilgan. Gabor filtri tasvir tuzilish xususiyatlarini ravshanroq aks ettiradi, bu esa AdaBoost algoritmi yuzni mustaqil segmentlaganda yuzaga keluvchi kamchiliklar va noto'g'ri aniqlash holatlarini kamaytirish imkonini beradi. Taklif etilgan algoritm yuz tasvirini segmentlashda yuqori aniqlikka ega bo'lib, u ayniqsa murakkab fonli holatlarda samaradordir. Quyida yuz tasvirini segmentlash uchun qo'llanilgan vositalar bayon etilgan.

Haar tasniflagichi – bu obyektlar, ayniqsa yuzni aniqlash uchun qo'llaniladigan tezkor va samarali algoritm bo'lib, birinchi marta Pol Viola (P. Viola) va Maykl Jons (M. Jones) tomonidan 2001 yilda taklif etilgan. Ushbu algoritm “Viola–Jones object detection framework” nomi bilan mashhur bo'lib, kompyuterli ko'rish va real vaqtda yuzni aniqlash tizimlarida keng qo'llaniladi. Haar-like belgilari tasvirdagi pikselar yorug'lik darajasi tahliliga asoslangan bo'lib, ular to'g'ri burchakli filtrlar orqali tasvirni muayyan sohalardagi piksel qiymatlari farqini hisoblash orqali obyektlar tuzilishini aniqlash uchun ishlatiladi, asosiy Haar belgilari turlari quyidagilardan iborat: Ikki hududli (Two-rectangle feature); Uch hududli (Three-rectangle feature); To'rt hududli (Four-rectangle feature). Bu belgilar obyekt va fon orasidagi yorug'lik farqini aniqlashga yordam beradi.

Ushbu maqolada inson yuz tasvirini Gabor filtrlari yordamida segmentlash usuli bayon etilgan bo'lib, taklif etilayotgan yondashuvda yuzning asosiy qismlarini aniqlash, ularni vizual izolyatsiyalash va navbatdagi bosqichlardagi tahlillar uchun tayyor ma'lumotlar shaklida uzatish masalalari ko'rib chiqiladi va usulni nazariy asoslari, amaliy qo'llanilishi va tajribaviy natijalari tahlil qilinadi.

2 ASOSIY QISM

Inson yuz tasvirini tasniflash uchun AdaBoost algoritmidan foydalanamiz u minglab Haar belgilari orasidan eng samaralilarini tanlash uchun qo'llaniladi. Algoritm bir nechta "kuchsiz" tasniflagichlarni o'zida birlashtirib, kuchli tasniflagich hosil qiladi. AdaBoost har bir iteratsiyada xatoga ko'p yo'l qo'ygan namunalarga ko'proq e'tibor qaratadi va shu orqali model aniqligini oshiradi.

Gabor filtri orqali esa tasvirdagi obyektning fazoviy va lokal chastotali ma'lumotlarini samarali ajratib olamiz, Gabor to'liqini o'zi ortogonal asos hosil qilmasa-da, muayyan parametrlar ostida tor doirada hosil qilishimiz mumkin. Gabor to'liqlari tasvir chegaralariga sezgir bo'lib, u yaxshi mutanosiblikni tanlash xususiyatlari va yo'nalishini ta'minlaydi. U yorug'likdagi o'zgarishlarga uncha sezgir emas, bu esa uni vizual ma'lumotlarni aniq tasvirlashda keng qo'llanilishiga olib keladi.

Gabor almashtirishi signalni bir nechta kichik vaqt oralig'iga bo'lib, har bir intervalda Fureymashtirishi yordamida tahlil qilishni o'z ichiga oladi. Bu usulda suriluvchi oynani qo'shish va Fureymashtirishni qo'llash mumkin bo'ladi.

Agar $f \in L^2(\mathbb{R})$ bo'lsa, u holda Gabor almashtirishi quyidagicha aniqlanadi:

$$G_f(a, b, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) g_a(t-b) e^{-i\omega t} dt, \quad (1)$$

bu yerda,

$$g_a(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi a}} \exp\left(-\frac{t^2}{4a}\right).$$

(1) tenglama Gauss funktsiyasi bo'lib, u oynali funktsiya hisoblanadi va unda $A > 0, b > 0, g_a(t-b)$ - vaqt lokalizatsiyasiga ega oynali funktsiya, b esa butun vaqt oralig'ini qamrab oluvchi parallel siljish parametridir. Agar b parametr bo'yicha integrallansa, (2) kelib chiqadi:

$$\int_{-\infty}^{\infty} G_f(a, b, \omega) db = \hat{f}(\omega), \quad \omega \in \mathbb{R}. \quad (2)$$

Signalni qayta tiklash esa quyidagi formula asosida amalga oshiriladi.

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} G_f(a, b, \omega) g_a(t-b) e^{i\omega t} d\omega db. \quad (3)$$

Gabor almashtirishni qiymati ikkita omilga ko'ra Gaussga teng bo'ladi. Birinchidan, Gauss funktsiyasini Furey almashtirishini o'zi ham Gauss funktsiyasi bo'lib qoladi, shuning uchun teskari Furey almashtirishi ham xuddi shu oynali funktsiya orqali aniqlanishi mumkin. Ikkinchidan, Gabor almashtirishi oynali Furey almashtirishini eng yaxshisi hisoblanadi. Eng asosiysi, Gabor almashtirishidan so'ng vaqt va chastota bo'yicha haqiqiy tahlil amalga oshiriladi. Gabor almashtirishi signaldagi barcha axborotni qo'shib vaqt-chastotani lokallashtirishi mumkin.

Yuzni segmentlashni ko'plab algoritmlari mavjud bo'lsa-da, ularni katta qismi shovqin yoki fon bilan bog'liq muammolarga duch keladi. Shovqin yuzdan ajratilishi murakkab bo'lganligi uchun aniqlik va barqarorlik past bo'ladi. Dastlab AdaBoost algoritmi [19] sodda tasniflagichlar samaradorligini yaxshilash maqsadida ishlab chiqilgan bo'lib, bir xil o'quv tanlanmada bir nechta zaif tasniflagichlarni o'qitilib, ular yakuniy kuchli tasniflagichda birlashtiradi [20]. Yuzni aniqlashda Haar ga o'xshash to'g'ri to'rtburchakli belgilar asosidagi AdaBoost algoritmidan foydalanilamiz. Bu usul inson yuzini kulrang chegaralari asosida yuz va fonni ajratuvchi belgi vektorlarini iteratsion qidiradi. Iteratsiyada vaznlar oldingi o'quv tanlanmadagi tasniflash aniqligiga asoslanib yangilanadi va shu orqali ma'lumotlar taqsimotini o'zgartirishga erishiladi. AdaBoost algoritmi quyidagi bosqichlarda amalga oshirib olamiz:

1. O'quv tanlamada tasviridan yuz va yuz bo'lmagan sohalari aniqlab olamiz;
2. Haar ga o'xshash belgilar hisoblandi va ularni qiymati yuz va fon orasidagi kulrang kontrastni ifodalaydi. Qiymat qancha katta bo'lsa, chegara belgilar shunchalik aniq bo'ladi. So'ngra yuz aniqlanadi. Belgi qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$f(r) = \left| c \times \sum_{(x,y) \in S_b} i(x,y) - \sum_{(x,y) \in S_\omega} i(x,y) \right|, \quad (4)$$

bu erda $f(r)$ - to'g'ri to'rtburchakli belgiga mos qiymat, $i(x,y)$ - x, y nuqtadagi kulrang qiymat, $\sum_{(x,y) \in S_b} i(x,y)$ - yuz sohasini kulrang darajalari yig'indisi, $\sum_{(x,y) \in S_\omega} i(x,y)$ - fon sohasini kulrang darajalari yig'indisi va c — to'g'ri to'rtburchakli belgidagi fon va yuz sohalari o'lchamlarini nisbati.

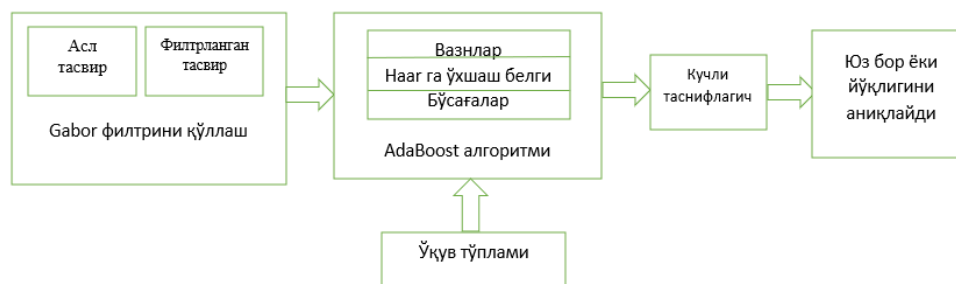
3. Tasniflagich tanlanadi, iteratsiyada vaznlar yangilanadi va to'g'ri tasniflangan timsollar uchun vazn kamaytiriladi:

$$\omega_{t+1,i} = \omega_{t,i} \beta_t^{1-\varepsilon_i}, \quad (5)$$

bu erda $i = 1, 2, \dots, N$. Tasniflash to'g'ri bo'lsa, ε_i ni vazni kamayadi, aks holda, $\varepsilon_i = 1$ va vazn qiymati ortadi. Vazn yangilanadi va iteratsiyalar to'rtburchakli belgilaridan zaif tasniflagichlar sifatida eng samarali n ta belgi aniqlanmaguncha davom ettiriladi, bu algoritmni kuchli tasniflagichlarni birlashtirishga imkon beradi.

4. n ta zaif tasniflagich bir xil yuzni bir necha bor aniqlashi mumkin, aniqlangan yuzlar ustma-ust tushganda ular birlashtiriladi. To'rtburchakni to'rt burchagi maksimal qiymat bo'yicha tanlanadi va yakuniy aniqlash natijasi shakllantiriladi.

AdaBoost algoritmi tasvirdagi yuzlarni tezkor tanib olish va aniqlash imkonini beradi. Biroq, agar tasvir foni murakkab bo'lsa, u holda AdaBoost algoritmiga asoslangan yuzni aniqlash ko'p hollarda teri rangiga yaqin bo'lgan fon qismlarini yuz deb xato aniqlaydi. Bundan tashqari, u yuzni ba'zi ma'lumotlari ham aniqlanmay qolishi mumkin. Ushbu muammoni hal etish uchun dastlab teri xususiyatlari va boshqa obyektlar bilan bo'lgan ahamiyatli farqlar Gabor tekstura xususiyatlari bilan birgalikda tahlil qilish zarur. Buning uchun usul ikki bosqichda amalga oshiriladi. Birinchi bosqichda, Gabor filtri yordamida yuz tasviri tekstura belgilari xaritasi shakllantiriladi, so'ngra ma'lum bir bo'sag'a olinib, teri rangi kontur ma'lumotlari ajratish amalga oshiriladi. Bu orqali fonga qora piksellar qo'shiladi, bu esa teri rangiga o'xshash fon elementlarini xato aniqlanish ehtimolini ancha pasaytiradi. Ikkinchi bosqichda esa, AdaBoost algoritmi qo'llanilib yuz tasviri segmentlanadi va yuzga tegishli sohalari aniqlanadi (1-rasm).



1-rasm. Yuz tasvirini aniqlash jarayoni sxemasi

Gabor filtri qo'llanilgandan so'ng, yuz tasviri tekstura belgilari aniqlanadi va teri rangini konturlari ajratib olinadi. Biz AdaBoost algoritmidan yuz tasvirlaridagi to'rtburchak belgilarni ajratib olishda foydalanildik, o'quv tanlanmada minimal vaznli xatolik koeffitsienti tamoyiliga asoslanib, tasniflash uchun eng samarali bo'lgan n ta belgi to'rtburchak belgilardan kuchsiz tasniflagichlar sifatida tanlab olib, iterativ jarayonda vaznlar doimiy yangilanib, kuchli tasniflagich hosil qilindi. Yuzni segmentlashda esa kuchli tasniflagich qo'llanildi va chegara sohalari bilan kesishgan hududlar birgalikda tahlil qilinib, aniqlash natijasi shakllantirildi.

3 NATIJALAR TAHLILI

Ushbu algoritm samaradorligini tekshirish yuz tasvirini segmentlash uchun olingan tajribaviy va nazorat guruhlarida amalga oshirildi. Tajriba guruhda dastlab Gabor filtri qo'llanilib, AdaBoost algoritmi orqali segmentlandi. Nazorat guruhida esa Yuzni segmentlash bevosita AdaBoost algoritmi asosida amalga oshirildi, ya'ni Gabor filtrini qo'llamay. Tajriba 64 bitli Windows 11 operatsion tizimi, Intel Core i9-6300HQ protsessori, 2.30 GGts (2.30 GHz), 64 GB tezkor xotira (RAM), Nvidia GeForce GTX 4080Mx grafik karta, OpenCV 4.0.1, Visual Studio 2017 muhitida o'tkazildi.

Tajribada OpenCVda mavjud Haar Yuz belgi tasniflagichi qo'llanilgan va ijobiy yuz tasvirlariga tadbiiq etilgan. Agar yon tomondan olingan yuz yoki boshqa a'zolari segmentlash zarurati tug'ilsa, OpenCV tomonidan o'qitilgan boshqa tasniflagichlardan foydalanish mumkin. To'rt yo'nalishli va etti o'lchamli Gabor filtri tuzilmasi ortiqcha ma'lumotni imkon qadar filtrlash imkonini beradi. Dastlab ushbu Gabor filtri qo'llanilib, so'ngra filtrlangan tasvir AdaBoost algoritmi orqali segmentlangan. Nazorat guruhida esa original tasvir to'g'ridan-to'g'ri AdaBoost algoritmi orqali segmentlangan. Tajribani maqsadi, taklif etilgan usulni yuz segmentatsiyasi bo'yicha aniqlik va barqarorlik nuqtai ishonchli ekanligini ko'rsatishdan iborat.

Gabor filtri qo'llanilmagan nazorat guruhida yuzni segmentlash aniqligi past bo'ldi va ko'proq aniqlanmay qolgan holatlar ham kuzatildi. Gabor filtridan o'tgan tasvirlarda yuz noto'g'ri aniqlanmadi va yuz segmentatsiya aniqligi sezilarli darajada oshdi.

1-jadval. Tajribaviy ma'lumotlar tahlili

Model	Yuzlarning umumiy soni	To'g'ri segmentlangan yuzlar soni	Noto'g'ri aniqlangan yuzlar soni	Yo'qolgan yuzlar soni	Yuzni segmentlash aniqligi%
Taklif etilga usul	49	47	0	2	95.9
AdaBoost	49	34	1	15	69.4

Fon ma'lumotlari murakkab bo'lganda, AdaBoost asosidagi yuz aniqlash usuli teri rangiga o'xshash ko'plab fon sohalari inson yuzi sifatida noto'g'ri aniqlanishi mumkin. Tajribada aynan fon sohasi yuz sifatida aniqlandi. Gabor filtri esa fazoviy chastota, fazoviy joylashuv va yo'nalishga sezgirlik kabi lokal tuzilma ma'lumotlarini ifodalash, tasvirni o'ziga xos belgilarini saqlash qobiliyatiga ega biroq, yoritishdagi o'zgarishlarga sezgir emas. Gabor filtri qo'llanilgandan so'ng yuzni aniqlash aniqligi to'g'ridan-to'g'ri yuzni aniqlashga nisbatan o'rtacha **25%** ga yuqori bo'ldi.

4 XULOSA

Yuz tasvirlarini aniq va samarali segmentlash muammosini hal etish maqsadida Gabor filtri va AdaBoost algoritmi birgalikda qo'llash yondashuvi taklif etildi va tadbiiq qilindi. Olib borilgan tajribaviy tadqiqotlar natijalari asosida quyidagi xulosalarni keltirish mumkin, AdaBoost algoritmi tasvirdagi yuzlarni tez va samarali aniqlash qobiliyatiga ega bo'lsada, fon murakkab bo'lganda teri rangiga o'xshash sohalarni yuz deb olishi aniqlandi. Gabor filtri, o'zini fazoviy chastota, yo'nalish sezgirligi va lokal tuzilmani aniq ifodalash xususiyatlariga ega bo'lganligi uchun tasvir muhim xususiyatlarini saqlab qolish va yorug'lik o'zgarishlariga bardosh berish imkoniyatiga ega ekanligi aniqlandi. Shu bilan birga Gabor filtri bilan birgalikda amalga oshirilgan segmentlash natijalari, filtrsiz bevosita AdaBoost algoritmiga nisbatan yuqori aniqlikni ta'minladi.

Ushbu yondashuv fon elementlarini yuz ma'lumotidan aniq ajratish, yuz qismlarini to'g'ri aniqlash va umumiy segmentlash aniqligini oshirish imkonini beradi. Gabor filtri va AdaBoost algoritmiga asoslangan yuz tasvirini segmentlash usuli, mavjud algoritmlarga nisbatan ishonchli, aniq va barqaror natijalarni ko'rsatdi. Ushbu usulni yuzni tanib olish, biometrik identifikatsiya, inson-robot interfeysi va xavfsizlik tizimlarida qo'llash samaradorlikni oshirish imkonini beradi.

ADABIYOTLAR

- [1] X. Y. Xu, "Survey of face recognition technology," *Electronic Test*, vol. 2015, no. 5, pp. 885–894, 2015.
- [2] Y. P. Yin, Z. Ying, Z. Dan et al., "Face segmentation using CRFs based on multiple feature fusion," *Electronic Measurement Technology*, vol. 38, no. 6, pp. 54–59, 2015.
- [3] X. Wu, J. Zhao, and H. Wang, "Face segmentation based on level set and improved DBM prior shape," *Progress in Artificial Intelligence*, vol. 8, no. 46, pp. 1–13, 2019.
- [4] S. Wazarkar, B. N. Keshavamurthy, and A. Hussain, "Region-based segmentation of social images using soft KNN algorithm," *Procedia Computer Science*, vol. 125, pp. 93–98, 2018.
- [5] D. Liu, L. F. Wang, and H. F. Zhang, "Design of statistical analysis model based on big data," *Software Guide*, vol. 15, no. 7, pp. 28–30, 2016.
- [6] W. Liu, S. Liu, R. C. Bai, X. Zhou, and D. N. Zhou, "Research of mutual learning neural network training method," *Chinese Journal of Computers*, vol. 40, no. 6, pp. 1291–1308, 2017.
- [7] Y. Zhang, B. Li, H. Lu, A. Irie, and X. Ruan, "Sample-specific SVM learning for person re-identification," in *Proceedings of the 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, June 2016.
- [8] J. Z. Cao and A. G. Song, "Research on the texture image segmentation method based on Markov random field," *Chinese Journal of Scientific Instrument*, vol. 36, no. 4, pp. 776–786, 2015.
- [9] L. G. Ixaru, G. Vanden Berghe, and H. De Meyer, "Exponentially fitted variable two-step BDF algorithm for first order ODEs," *Computer Physics Communications*, vol. 150, no. 2, pp. 116–128, 2003.
- [10] J. Jun and Z. G. Lin, "A knowledge-based approach for fast human face detection," *Journal of Image and Graphics*, vol. 7, no. 1, pp. 6–10, 2002.

- [11] *Y. Ming*. Research on 3D face recognition based on invariant features, Ph.D. thesis, Beijing Jiaotong University, Beijing, China, 2012.
- [12] *G. Yang and T. S. Huang*, “Human face detection in a complex background,” *Pattern Recognition*, vol. 27, no.1, pp. 53–63, 1994.
- [13] *Z. P. Gong*, “A face detection method based on skin color,” *Journal of Luohe Vocational and Technical College*, vol. 12, no. 2, pp. 42–44, 2013.
- [14] *Y. Ma*, *Face Detection Method Based on Color and Template Matching*, Dalian University of Technology, Dalian, China, 2006.
- [15] *Z. H. Zeng and Y. M. Zhang*, “3D face standard model based on OpenGL,” *Mechanical Engineering and Automation*, vol. 34, no. 4, pp. 34–36, 2007.
- [16] *Liang and H. Z. Ai*, “Multi-template-matching based single face detection,” *Journal of Image and Graphics*, vol. 4, no. 10, pp. 825–830, 1999.
- [17] *J. Zhu, H. Zou, S. Rosset, and T. Hastie*, “Multi-class AdaBoost,” *Statistics & Its Interface*, vol. 2, no. 3, pp. 349–360, 2006.
- [18] *Y. Hong-Yu, Y. U. Lei, and W. Sen*, “Face recognition with Gabor texture features,” *Application Research of Computers*, vol. 28, no. 10, pp. 3974–3976, 2011.
- [19] *L. I. Wei, H. E. Peng-Ju, and Y. Heng*, “AdaBoost pedestrian detection algorithm based on dual-threshold motion area segmentation,” *Application Research of Computers*, vol. 29, no. 9, pp. 3571–3570, 2012.
- [20] *S. M. Hu, D. Liang, G. Y. Yang, G.-W. Yang, and W.-Y. Zhou*, “Jittor: a novel deep learning framework with meta-operators and unified graph execution,” *Science China Information Sciences*, vol. 63, no. 12, pp. 1–21, 2020.

Поступила в редакцию 03.02.2025

Citation: *Mamatov N.S., Niyozmatova N.A., Tojiboeva Sh.X., Mashanpin T.V., Yaxyayev B.Y. (2025). Yuz tasvirini Gabor filtri asosida segmentlash. Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali. 8(1). – B. 183-189. <https://doi.org/10.62132/ijdt.v8i1.250>.*

FACIAL IMAGE SEGMENTATION BASED ON GABOR FILTER

⁺ *Mamatov N.S.¹, Niyozmatova N.A.¹, Tojiboeva Sh.Kh.¹, Mashanpin T.V.¹, Yakhyaev B.Yu.²*

¹ National Research University “Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers”, Tashkent, Uzbekistan

² Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad Al-Khwarizmi, Tashkent, Uzbekistan

⁺ m_narzullo@mail.ru

Abstract. As one of the important parts of face recognition, face image segmentation has become a major focus of human feature recognition. In this paper, the AdaBoost algorithm and Gabor texture analysis algorithm are used to segment an image containing multiple faces, which effectively reduces the false detection rate in face image segmentation. In face image segmentation, the image containing face data is first analyzed by texture using the Gabor algorithm, and different thresholds are set for different skin-like areas, thereby removing skin-like areas in the background image. Then, the face areas are detected using the AdaBoost algorithm, and the detected face areas are segmented. Experiments have shown that the proposed method can quickly and accurately segment faces in the image, and effectively reduce the loss and false detection rates.

Keywords: face image, Gabor filter, AdaBoost.

СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ ЛИЦА НА ОСНОВЕ ФИЛЬТРА ГАБОРА

*+ Маматов Н.С.¹, Ниёзматова Н.А.¹, Тожибоева Ш.Х.¹, Машантин Т.В.¹,
Яхьяев Б.Ю.¹*

¹ Национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Ташкент, Узбекистан

² Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, Ташкент, Узбекистан

+ m_narzullo@mail.ru

Аннотация. Будучи одной из важных частей распознавания лиц, сегментация изображений лиц стала основным направлением распознавания черт человека. В данной статье алгоритм AdaBoost и алгоритм анализа текстур Габора используются для сегментации изображения, содержащего несколько лиц, что эффективно снижает частоту ложных обнаружений при сегментации изображений лиц. При сегментации изображения лица, изображение содержащее данные о лице, сначала анализируется на наличие текстуры с использованием алгоритма Габора, а затем для различных областей, похожих на кожу, устанавливаются различные пороговые значения, тем самым удаляя области, похожие на кожу, из фоновых данных изображения. Затем с помощью алгоритма AdaBoost определяются области лица и сегментируются обнаруженные области лица. Эксперименты показали, что предложенный метод позволяет быстро и точно сегментировать лица на изображениях, а также эффективно снижать уровень потерь и ложных срабатываний.

Ключевые слова: изображение лица, фильтр Габора, AdaBoost.