

UO'K 004.932

KO'Z KASALLIKLARIDA FUNDUS KAMERA TASVIRLARI SIFATINI BAHOLASH VA SEGMENTATSIYALASH ALGORITMLARI

Mirzayev N.¹, Shamsiyeva X.G.¹

¹ Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekti rivojlantirish ilmiy-tadqiqot instituti,
Toshkent, O'zbekiston

nomazmirza@rambler.ru, shamsiyeva117@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot ishida tasvirni qayta ishlashda kompleks yondashuvlar, segmentlashda mashinali o'qitish algoritmlaridan foydalanish, U-Net usuli turli to'r parda kasalliklari diagnostikasida yuqori aniqlikka erishishda yordam berishi taklif qilingan va fundus tasvirlarini qayta ishlash va segmentlashning zamonaviy usullari tahlili keltirilgan. Ushbu yo'nalish bo'yicha fundus tasvirlar yordamida olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlari tahlili bajarilgan. Natijalarni olishda DIARETDBI ma'lumotlar to'plamidagi fundus tasvirlarni qayta ishlashda hamda segmentlashda U-Net usuli samarali natijalarni berishi tajribasi o'tkazilgan.

Kalit so'zlar: Fundus kamera, ko'z kasalliklari, to'r parda, diabetik retinopatiya, raqamli tasvir, tasvir sifatini baholash, U-Net, segmentlash..

I. KIRISH

Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti tomonidan taqdim etilgan 2023 yildagi "World Vision Report" hisobotiga ko'ra butun dunyo bo'ylab 2,2 milliard insonlar ko'rish qobiliyati kasalliklari bilan aziyat chekishmoqda. Ulardan kamida 1 milliardida ushbu kasalliklarning oldini olish yoki davolash imkoni borligi yoki hali ushbu kasalliklarni oldini olish imkoniyati mavjud bo'lgan [1].

Ko'rishning buzilishi ko'rish sistemasi va uning bir nechta funksiyasiga ko'z kasalliklarining ta'sir qilishi asosida vujudga keladi. Katarakta, diabetik retinoterapiya, glaukoma, refraksion xatolar ko'rishning buzilishi hamda ko'z ojizliklari profilaktikasi hamda oftalmologik yordamning asosiy yo'nalishlari hisoblanadi.

Fundus kamera orqali olingan fototasvir tibbiyot mutaxassislari uchun oddiy va tejamkor usul hisoblanadi. Ushbu usulning avzallik tomonlaridan biri mutaxassislar fototasvirni boshqa joy va vaqtda o'rgana olishlari hamda keyinchalik fotografik hujjatlarni taqdim eta olishlari mumkin. Fundus kamera orqali ko'z tasviri setchatka, diabetik retinoterapiya, yoshga bog'liq makula degeneratsiyasi va glaukoma kasalliklarining rivojlanishini kuzatish uchun zarur hisoblanadi.

Shotlandiyaning Edinburg universitetining bir qator izlanuvchi [1] va tadqiqotchi olimlari yoshga bog'liq makula degeneratsiyasini (YBMD) avtomatik ravishda Fundus kamera orqali rangli tasvirda avtomatik tarzda aniqlash ilmiy ishida tadqiqot olib borishgan. Ushbu tadqiqot ishida YBMD kasalligining oshishi sog'liqni saqlash mutaxassislari yukini oshiradi. Shu bilan

birgalikda YBMD kasalligi ko'z ojizligining asosiy sabablaridan biri hisoblanib, asosan yoshi katta insonlarda ko'proq kuzatilishi aniqlangan [2]. Ayni vaqtda YBMD kasalligi bilan Buyuk Britaniyada 6 million insonlar aziyat chekmoqda va 2011 yil izlanishlar natijasida ushbu kasallik davlat iqtisodiyotga 155 million sterlingga tushgani aniqlangan. 2040 yilga kelib ushbu kasallikdan aziyat chekuvchilar soni 288 millionga yetishi tahmin qilinmoqda. Mashinali o'qitishning boshqariladigan konveyer liniyasi tasvirini olishda quyidagi algoritm asosida [3] amalga oshirishgan:

- shovqinni kamaytirish uchun tasvirni oldindan qayta ishlanadi va tasvirning xususiyatlari yaxshilanadi;

- entropiya, energiya, rang va tekstura ko'rsatkichlari, tasvir intensivligi, fazoviy yoki geometrik kabi xususiyatlar olinadi;

- obyektlar raqamli vektorlar ko'rinishida guruhlanib (tasvir holatini ifodalab) va ko'p hollarda tanlov jarayoniga bosqichiga o'tib, ulardan qaysi biri eng yaxshi holatda tasvirni namoyon etishi;

- o'qitish jarayonida ma'lumotlarni maqsadli individual sinflarga ajratuvchi model yaratish;

- klassifikator – sinflarning tasnifi va ta'rifini aniqlovchi matematik funksiya;

- sinov jarayoni aniq sinflarga bog'liq ko'rinmas ma'lumotlarni tansiflash orqali olib boriladi.

Natijada ushbu tadqiqot ishi davomida drusen va glaukoma kasalliklarini aniqlash algoritmlarini tavsiflovchi bir qator ishlar olib borilgan [4].

Olimlar tomonidan [5] tadqiqot ishida diabetik retinopatiya diagnostikasida chuqur o'qitish algoritmlarining samaradorligi va aniqligini

baholash ishlari olib borilgan. Ushbu yo'nalish bo'yicha aniqlik [6], sezgirlik va o'ziga xoslik ko'rsatkichlariga e'tibor qaratish, chuqur o'qitish algoritmlarining diabetik retinopatiyani aniqlashda maqolalarning tizimli tahlili keltirilgan. Asosiy natijalarda chuqur o'qitish algoritmlarining diabetik retinopatiyani alomatlarini avtomatik aniqlashda yuqori aniqlik ko'rsatilgani, ushbu

$$E(x,h) = \sum_{i \in \text{ochiq}} a_i x_i - \sum_{i \in \text{berk}} b_j h_j - \sum_{i,j} x_i h_j w_{i,j} - \sum_{i,j} x_i x_j u_{i,j} - \sum_{i,j} h_i h_j v_{i,j}, \quad (1)$$

bu yerda v_i va h_j i - ochiq element va j - yopiq elementning binar holati, a_i va b_j esa ularning tegishli bias qiymatlari, $w_{i,j}$ esa kirishlar orasidagi ulanish vaznini bajaradi.

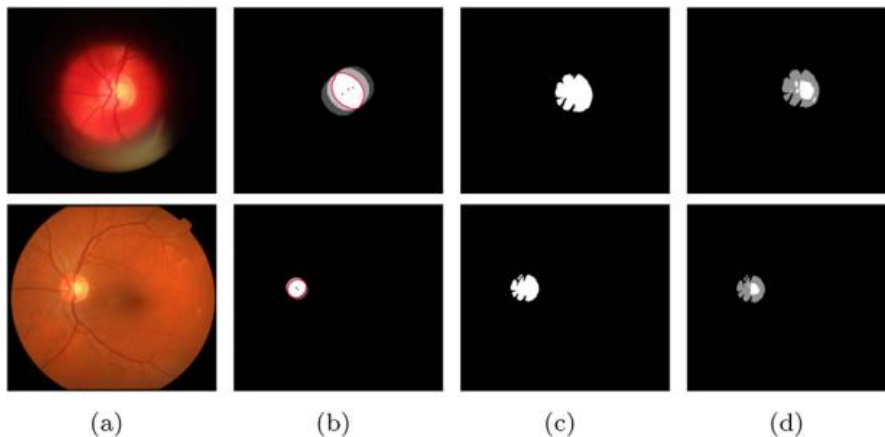
Chuqur o'qitish [7] klinik amaliyotda avtomatik tashxis qo'yish samaradorligini oshirishda foydalanish uchun katta imkoniyatlarni ko'rsatdi. Biroq ushbu tadqiqotchilar modellarning ishonchligini oshirish uchun ma'lumotlar sifati hamda yondashuvlarni standartlashtirish zarurligini ta'kidlab o'tishgan. Chuqur o'qitish metodlari integratsiyasi tibbiy diagnostikada diabetik retinopatiyani erta aniqlashda o'rni muhimligi hamda bemorlarda ushbu kasallikning chuqurlashuvini kamaytirishi mumkin.

[8] tadqiqot ishida mualliflar tomonidan Fundus kamera orqali rangli tasvirlarni avtomatik ravishda analiz qilish metodlari keltirilgan. Ishning asosiy maqsadi diabetik retinopatiya, glaukoma, yoshga bog'liq makula degeneratsiyasi

algoritmlarning boshqa ananaviy tashxislash metodlaridan o'rtacha sezuvchanlik va o'ziga xosligi yuqoriligi keltirilgan.

Chuqur neyron tarmoqlari – bu nisbatan katta chuqurlikka ega bo'lgan neyron tarmoqlar hisoblanadi va Boltsman mashinasi energiyasi quyidagi formula orqali aniqlangan:

va boshqa oftalmologik kasalliklarni tashxislash hamda aniqlashda Fundus kamera orqali tasvirni avtomatik tahlil qilish usullarini umumlashtrish hamda tasniflash keltirilgan. Tadqiqot metodi [9] sifatida oldindan patologiyalarni aniqlash va klassifikatsiyalash, qon tomirlarini ajratish va segmentlash, tasvirni qayta ishlash kabi turli tahlil etaplari ko'rib chiqilgan. Tadqiqotchilar avtomatik ravishda tahlil qilishda tasvirni qayta ishlash va chuqur o'qitish algoritmlari [10] haqida batafsil ma'lumotlarni keltirgan. Asosiy natijalar sifatida avtomatik tahlil qilish tizimi sezilarli darajada aniqlik va ishonchlilik ko'rsatkichlarini berdi. Shu bilan birgalikda tasvirlarning o'zgaruvchanligi va apparatdagi faqrlar bilan bog'liq muammolar o'z yechimini talab qilib qolmoqda. Tadqiqot davomida izchil filtrlashga asoslangan usullar to'rt pardasi tasvirini 2D-shabloniga aylantiradi va bu qon tomirlarining xususiyatlarini modellashtirish uchun mo'ljallangan.



1-rasm. Mobil (yuqori qator) va klinik (pastki qator) fundus tasvirlarida optik disk va optik kosa segmentatsiyasi natijalari; (a) asl tasvirlar, (b) optik disk markazlari va o'rta o'lchamdagi optik disk diskralari, (c) faol (yuqori qator) bilan ajratilgan optik diskning aniq chegarasi, (d) tasniflashdan keyin optik disk va optik kosa piksellari

Ushbu maqolada zamonaviy usullarning samaradorligi umumiy ommaviy va ommaviy bo'lmagan ma'lumotlarga tegishli tasvirlarda qisqacha o'lchangan. Ushbu miqdoriy ko'rsatkichlar obyektivligidan ushbu algoritmlar qanday ishlashi kerakligi kam yoritilgan. Ko'pchilik tadqiqotchilar tanlagan tasvirni olish usuli yoki

tasvir o'lchamlari qanchalik ushbu usul samaradorligiga ta'sir qilishi tog'risida to'xtalib o'tishmagan. Shunday qilib, kelajakda, boshqa tadqiqotchilar o'zlarining konkret tasvir ma'lumotlarining algoritim parametrlarini aniq sozlamalari bir nechta faktorlarni inobatga olgan holda baholay olishlari kerak.

To'rt pardasining raqamli tasvirlardagi [11] har xil turlari maqola mualliflari tomonidan ushbu ilmiy-tadqiqot ishida keltirilgan. Ixtiyoriy kamera orqali olingan to'rt parda tasvirining sifatini baholaydigan universal yondashuv vazifasini ishlab chiqish qo'yilgan edi. Ushbu ixtiyoriy avtomatlashtirilgan tizimning birinchi blokida to'rt parda tasviri tahlili vazifasi yechiladi. Sifatni baholash tartibi bir nechta bosqich ichida bajariladi. 1-bosqichda asl tasvirni binarizatsiya qilish hamda to'rt pardasining maskasini qurish kerak. Hosil bo'lgan maskani tahlil qilish natijasida, [12] to'rt parda o'rnida boshqa obyektlar

joylashgan tasvirlarni aniqlash va o'chirib yuborish mumkin. Keyinchalik etalon bo'lmagan holda tasvirlarni baholash va klassifikatsiyalashda ikki sinfga bo'linishi: keyingi tahlillar uchun qoniqarli va qoniqarsiz bo'lish muammosi hal qilingan. Bosqichma-bosqich kontrast [13], aniqlik va to'rt pardaning tomir tizimi tasvirini belgilanadi va baholanadi. Ixtiyoriy to'rt parda tasvirining sifatini baholash vazifasi yechimi borligi ko'rsatilgan. Eksperimentlar har xil turdagi tasvirlar ustida va mavjud ma'lumotlar bazasidan olib bajarilgan.



2-rasm. To'rt pardaning raqamli tasvirdagi ko'rinishi, o'ng tomonda esa – to'rt pardaning tahlili uchun ishlatib bo'lmaydigan tasvirlar

1-jadval. Ba'zi to'rt parda tasviri bazalarining tavsiflanishi

Baza	FOV burchagi	Tasvir o'lchamlari	Tasvir soni	Binar maskalarining mavjudligi	Xususiyatlari
MESSIDOR	45	1140x960, 2240x1488, 2304x960	1200	yo'q	har bir tasvir uchun ko'rsatilgan: retinopatiyaning darajasi
CHASE_DB1	30	1280x960	28	qon tomirlari	
STARE	35	700x605	402	qon tomirlari	har bir tasvir uchun tashxislar ro'yhati
DRIVE	45	565x584	40	FOV, qon tomirlari	33 ta sog'lomlar va 7 ta kasallar
DRIMDB0	60	760x570	216	yo'q	3 sinf tasvir sifati: yaxshi, yomon, tanlov
IDRiD	50	4288x2848	516	5 turdagi belgilar uchun maskalar	baza 3 qismga bo'lingan: segmentlash, kasalliklar klassifikatsiyasi, mahalliyashtirish
DIARETDB1	30	3504x2336, 5184x3456	89	mikroanervizm, yumshoq va qattiq eksudatlar, qon ketishi	
DDR	45	har xil 1515x1275 dan 5184x3456 gacha	13673	mikroanervizm, yumshoq va qattiq eksudatlar, qon ketishi	42 kamera turi

Tadqiqot mualliflari tomonidan ushbu ishda tasvirlar binarizatsiyasi bo'yicha mavjud mashhur algoritmlar farqli va to'rt parda tasvirining [14] turli xil sifatlarini qo'llashga yo'naltirilgan yangi algoritmlar ishlab chiqilgan. Ushbu algoritmlar tasvirining birinchi sifatini baholashda to'rt parda

maskasining yanada aniqroq qilib ko'rsatish imkonini beradi.

Yuqorida olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlari tahlili o'rganilib chiqilganda, drusen va glaukoma kasalliklarini aniqlash algoritmlarini tavsiflovchi bir qator tahlili, diabetik retinopatiya diagnos-

tikasida chuqur o'qitish algoritmlarining samaradorligi va aniqligini baholash natijalarida ushbu kasallikning alomatlarini avtomatik aniqlashda yuqori aniqlik ko'rsatilgani, ushbu algoritmlarning boshqa ananaviy tashxislash metodlaridan o'rtacha sezuvchanlik va o'ziga

xosligi yuqoriligi, mobil va klinik fundus tasvirlarida optik disk va optik kosa segmentatsiyasi natijalari olish, to'r pardaning raqamli tasvirdagi ko'rinishi, to'r pardaning tahlili uchun ishlatib bo'lmaydigan tasvirlarni ajratish usullari keltirib o'tilgan.

2-jadval. HRV bazasidan va bir xil kameradan tasvirga olingan, FOV=45⁰, 5184x3465 o'lchamli tasvirlarning FOV parametrli maskasi misollari

Tasvir nomi	FOV markazi koordinatalari	FOV maydoni hajmi	Binarizatsiya chegarasi	Otsu chegarasi
1_bad	1759,2; 2592,1	8357881	40	48
2_good	1759,2; 2592,1	8356419	37	45
2_bad	1759,7; 2592,6	8365202	10	24
2_good	1758,8; 2592,7	8363587	5	20
4_bad	1758,7; 2593,5	8360941	33	44
4_good	1758,4; 2591,9	8365235	40	46

II. MATERIAL VA METODLAR

Fundus kamera yordamida olingan tasvirlarni yuqori aniqlikda tahlil qilish va qayta ishlash uchun – raqamli tasvir olish va tahlil qilish, chegara qismlarini ajratish, to'r parda qon tomiri va makula kabi muhim qismlarni ajratib ko'rsatish uchun (yanada chuqurroq o'rganish uchun U-net modellari) segmentatsiya usullari keng qo'llaniladi.

To'r parda - ko'z olmasining orqa yuzasiga tutashgan nozik ichki qatlam hisoblanadi. U juda ko'p sonli nervlar va qon tomirlarini o'z ichiga oladi va tasvirlarni idrok etish, qayta ishlash va miyaga uzatish funksiyasini bajaradi.

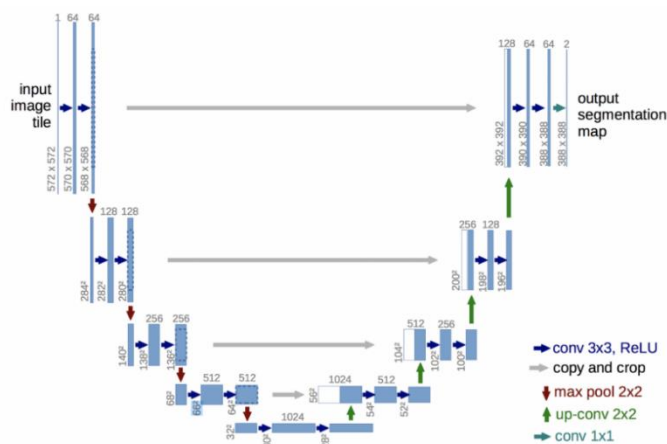
Diabetik retinopatiya - bu diabet bilan yuzaga keladigan retinaning shikastlanishi hisoblanadi. Qondagi glyukozaning yuqori darajada ortib ketishi retinal qon tomirlarining tuzilishini o'zgartirib, ularni ko'proq o'tkazuvchan qilib, suyuqlikning intraretinal bo'shliqqa kirib borishini ta'minlaydi.

Raqamli tasvir sifati subyektiv va obyektiv baholashlar yordamida baholanadi. Subyektiv baholash - bu ekspert deb ataladigan shaxs yoki odamlar guruhi tomonidan tasvirni vizual baholashga aytiladi. Ekspert baholarni mutlaq va qiyosiy baholashi mumkin. Agar mutaxassis mos yozuvlar va buzilgan tasvirlarni solishtirsa, unda bu holda qiyosiy baholash qo'llaniladi. Agar bitta tasvirni ma'lum miqyosda baholash kerak bo'lsa, u holda mutlaq baholash hosil bo'ladi. Obyektiv baholash integral baholashni keyingi hisoblash bilan individual tasvir xususiyatlarining bir qator qisman miqdoriy baholashlarini hisoblash yo'li bilan shakllantiriladi. Obyektiv baholashda tasvir sifati mutaxassislar guruhi ishtirokisiz avtomatik tarzda hisoblanadi. Segmentatsiya tasvirni uning tarkibiy qismlari yoki ob'ektlariga ajratadi. Ushbu

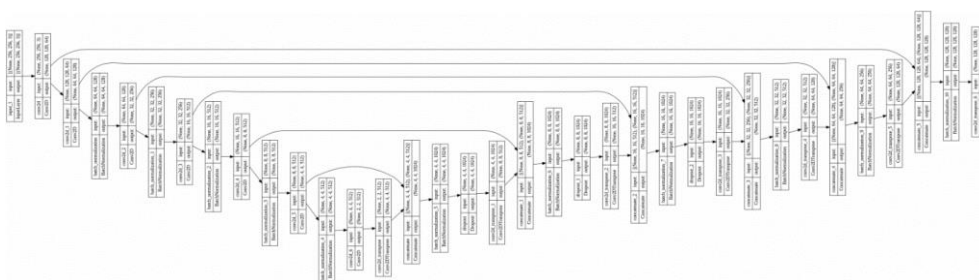
bo'linishning batafsil darajasi hal qilinayotgan muammoga bog'liq. Boshqacha qilib aytganda, ob'ektlar yoki qiziqish hududlari aniqlanganda segmentatsiyani to'xtatish kerak.

Raqamli tasvirlarni segmentlash uchun - yondashuvni tanlash vazifaga, tasvirning murakkabligiga va mavjud hisoblash resurslariga bog'liq bo'lgan holda ko'plab usullardan foydalanish mumkin. Eng mashhur va samarali usullardan biri bu chuqur o'rganish (Deep Learning), ya'ni U-Net kabi segmentatsiya neyron tarmoqlaridan foydalanish. U-Net 2015 yilda tibbiy tasvirlarni segmentlash uchun yaratilgan konvolyutsion neyron tarmoq hisoblanadi (3-rasm).

Diabetik retinopatiya kasalliklari patologiyalari mavjud fundus tasvirlarini segmentlash jarayonida U-Net usulini qo'llash orqali samarali natijalarga erishish mumkin. 4-rasmda U-Net arxitekturasi biz ko'rib chiqayotgan masalaga mos arxitekturasi ko'rishimiz mumkin. Aslida U-Net usuli ikki qismdan iborat. Bular kodlovchi va dekoder. Biz 256x256 o'lchamdagi uch kanalli tasvirni kiritamiz va keyin har bir darajada turli xil obyektning (shakllar, o'lchamlar, ranglar va boshqalar) xususiyatlari xaritasini tanlaymiz. Keyin biz yuqori namunani olamiz va birinchi bosqichdagi xususiyat xaritalari bilan birlashtirib chiqamiz hamda modelni o'tishga o'tamiz. Model piksel sinflarini bashorat qilgandan so'ng, noto'g'ri tasniflangan piksellarning kichik sohalarini olib tashlash yoki natijalarni yaxshilash uchun shartli tasodifiy maydonlardan foydalanish kabi keyingi ishlov berish bosqichlari qo'llaniladi. Segmentlashda keyingi ishlov berish jarayoni, ya'ni vizualizatsiyani: tasavvur qilish uchun har bir noyob sinf qiymatini ma'lum bir rangga moslashtirish lozim. Ushbu xaritalash turli sinflar orasidagi kontrastni maksimal darajada oshirish uchun tanlangan.



3-rasm. Klassik U-Net arxitekturas



4-rasm. Fundus tasvirlarini segmentlashda U-Net usulining qo'llanilishi

III. TAJRIBALAR O‘TKAZISH

DIARETDB1 dataset. Fundus tasvirlarini segmentlash jarayonida DIARETDB1 (standard Diabetic Retinopathy Dataset) bazalar to‘plamidan foydalanildi. DIARETDB1 - diabetik retinopatiyani avtomatlashtirilgan aniqlash usullarini baholash uchun ommaga ochiq ma’lumotlar bazasidir hisoblanadi. Bu ma’lumotlar bazasida 130 ta rangli tasvir mavjud bo‘lib, 1500x1152 o‘lchamlidir. Soha mutaxassislarining aniqlashicha ushbu ma’lumotlar bazasida 125 ta rasmda diabetik retinopatiya belgilari mavjud bo‘lib, qolgan 5 tasi esa normal, patologiyasiz tasvirlar ekani haqida fikr bildirishgan. Tasvirlar 50 graduslik ko‘rish maydoni va turli tortishish sozlamalari mavjud (chaqnash intensivligi, tortishish tezligi, diafragma va daromad) raqamli kamera yordamida olingan. Tajribalar Python dasturlash tilida o‘tkazildi. U-net usuli yordamida fundus tasvirlarida qon tomirlarini segmentlash masalasi algoritmi ishlab chiqildi. Ushbu algoritm bosqichlari quyida keltirilgan.

1-qadam. Asl tasvir: $H \times W$ o‘lchamli asl tasvir $I(i,j)$, bu yerda H va W – balandlik va kenglik (3-rasm).

2-qadam. Konvolyutsiya jarayonida har bir qatlamda tarmoq konvolyutsiyalar va faollash-

tirish funksiyalarini chiziqli bo‘lmagan bog‘liqliklarni modellashtirish uchun hisoblash (masalan, ReLU):

$$A(i, j) = \max(0, F(i, j)). \tag{2}$$

3-qadam. Har bir piksel uchun $P(c_k | I, i, j)$ ehtimollar xaritasi.

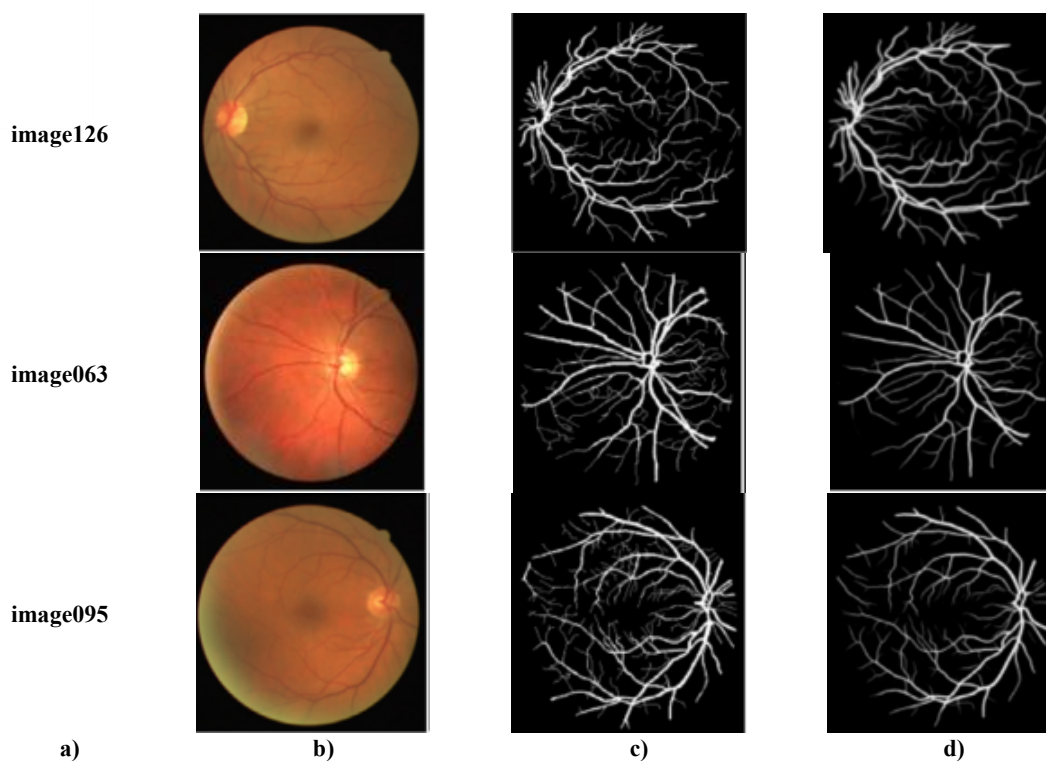
4-qadam. Ushbu qadamda tasvirdagi shovqinlar quyidagi yordamida o‘chirildi:

$$I'(i, j) = (I \circ K) \cdot K, \tag{3}$$

bu yerda K – tuzulish elementi.

IV. TADQIQOT NATIJALARI TAHLILI

Ushbu tadqiqot ishida fundus tasvirini qayta ishlash va segmentatsiyasining zamonaviy usullari tahlili va ushbu yo‘nalish bo‘yicha fundus tasvirlar yordamida olib borilgan ilmiy-tadqiqot ishlari tahlil qilindi. Tadqiqot ishi tasvirni qayta ishlashda kompleks yondashuvlar, segmentlashda mashinali o‘qitish algoritmlaridan foydalanish, U-Net usuli turli to‘r parda kasalliklari diagnostikasida yuqori aniqlikka erishishda yordam berishi aniqlandi. Yuqoridagi natijalardan ko‘rinib turibdiki DIARETDB1 ma’lumotlar to‘plami uchun taklif qilingan U-Net usuli oddiy oltin standart usuliga qaraganda sezilarli darajada ko‘proq qon tomirlarini ajratish natijasiga erishildi.



5-rasm. a) DIARETDB1 ma'lumotlar to'plamidagi tasvir nomi, b) fundus tasvir, c) U-Net usuli natijasi, d) oltin standart

Fundus tasviridagi ko'z tomirlari muammosini hal qilish uchun U-Net usuli taklif qilindi. Model parametrlarining umumiy soni kichik bo'lib, segmentlash indeksleri va tezligi zamonaviy usullar bilan solishtirganda yaxshi ishlashni ko'rsatdi. Ushbu usulning kamchiliklari shundaki, u yuqori aniqlikdagi fundus tasvirlari bilan bevosita shug'ullana olmaydi va retinal tasvirlarda ko'p miqdordagi qon ketish joylari va qon tomirlarining ranglarini chalkashtirib yuborishi tufayli samarali tanib olishi yetarli darajada emas. Ushbu masalani keyingi bosqichda uning umumlashtirilishi va tibbiy klinik qo'llash qobiliyatini oshirish uchun usulni kengaytirishni rejalashtirilgan.

V. XULOSA

Mazkur maqolada ko'z kasalliklarini tashxislash uchun Fundus kamera yordamida tasvirlar tahlil qilindi hamda to'r pardalari tasvirlariga bir necha metodlar yordamida ishlov berish ko'rib chiqildi. Xulosa qilib aytganda, tasvirni qayta ishlashda eng so'nggi zamonaviy usullar va mashinali o'qitishni qo'llash orqali ko'z to'r pardasi kasalliklarini tashxislashda hamda bemorlarning ko'rish qobiliyatiga jiddiy kasalliklar ta'sirini oldini olishda katta yordam beradi.

ADABIYOTLAR

- [1] *Emma Pead, R.M.* (2019). Automated detection of age-related macular degeneration in color fundus photography: a systematic review. *Survey of Ophthalmology* 64, 498-511.
- [2] *Хант, Э.Б.* (1978). Искусственный интеллект. Перевод с английского Д. А. Белова и Ю. И. Крюкова. Москва: М.: Мир, 558 с.
- [3] *Аркадьев А.Г., Б. Э.* (1971). Обучение машины классификации объектов. Москва: М.: Наука, 192 с.
- [4] *Киркоров, С.И.* (2019). Цифровая обработка речи и изображения. Минск: Колорград – 236 с.
- [5] *Md Mohaimenul Islama, H.-C. Y.-S.-C.* (2020). Deep learning algorithms for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs: A systematic review and meta-analysis. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 191, 105320, 14-28.
- [6] *Киркоров, С.И.* (2020). Компьютерное зрение и распознавание образов. Минск: Колорград, 384 с.
- [7] *Киселев, Н.В.* (1986). Методы построения систем распознавания и классификации негауссовских сигналов. Ленинград: Издательство Ленинградского университета, 188 с.
- [8] *Renátó Besenczi, J.T.* (2015). A review on automatic analysis techniques for color

- fundus photographs. Computational and Structural Biotechnology journal 14, 371-384 p.
- [9] *Амтетков А.В., Г.С.* (2003). Методы оптимизации. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 440 с.
- [10] *Shavkat Fazilov, O.M.* (2023). Model of Recognition Algorithms for Objects Specified as Images. International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 28-36.
- [11] *Старовойтов В.В., Г.Ю.* (2021). Оценка качества цифровых изображений сетчатки. Системный анализ и прикладная математика (4), 25-38 стр.
- [12] *Растригин Л.А., М.Н.* (1977). Введение в идентификацию объектов управления. Москва: М.: Энергия, 216 стр.
- [13] *Shahzaib Iqbal, T.M.* (2022). Recent trends and advances in fundus image analysis: A review. Computers in Biology and Medicine, 1-54 p.
- [14] *Brittney J. Palermo, S.L.* (2022). Sensitivity and specificity of handheld fundus cameras for eye disease: A systematic review and pooled analysis. Survey of ophthalmology 67, 1531-1539.

Поступила в редакцию 17.09.2024

Citation: *Mirzaev N., Shamsiyeva X.G.* (2024). Ko'z kasalliklarida Fundus kamera tasvirlari sifatini baholash va segmentatsiyalash algoritmlari. Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali. 7(4). – В. 73-79. <https://doi.org/10.62132/ijdt.v7i4.222>

ALGORITHMS FOR ASSESSMENT AND SEGMENTATION OF FUNDUS IMAGE QUALITY IN EYE DISEASES

Mirzaev N.¹, Shamsieva Kh.G.¹

¹ Digital Technologies and Artificial Intelligence Research Institute, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. *This research paper proposes that integrated approaches to image processing, the use of machine learning algorithms in segmentation, the U-Net method will help to achieve high accuracy in diagnosing various retinal diseases, and an analysis of modern methods is presented for processing and segmentation of fundus images. In this direction, an analysis of scientific and research works carried out using fundus images was carried out. Upon receipt of the results, it was verified that the U-Net method gives effective results in processing and segmentation of fundus images in the DIARETDB1 database.*

Keywords: *Fundus camera, eye diseases, retina, diabetic retinopathy, digital imaging, image quality assessment, U-Net, segmentation.*

АЛГОРИТМЫ ОЦЕНКИ И СЕГМЕНТАЦИИ КАЧЕСТВА ФУНДУС ИЗОБРАЖЕНИЙ ПРИ ГЛАЗНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

Мирзаев Н.¹, Шамсиева Х.Г.¹

¹ Научно-исследовательский институт развития цифровых технологий и искусственного интеллекта, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. *В данной исследовательской работе предлагается, чтобы комплексные подходы к обработке изображений, использование алгоритмов машинного обучения при сегментации, метода U-Net помогут достичь высокой точности диагностики различных заболеваний сетчатки, а также анализ современных методов представлена обработка и сегментация изображений глазного дна. В этом направлении был проведен анализ научных и исследовательских работ, проведенных с помощью изображений глазного дна. При получении результатов было проверено, что метод U-Net дает эффективные результаты при обработке и сегментации изображений глазного дна в базе данных DIARETDB1.*

Ключевые слова: *Фундус-камера, заболевания глаз, сетчатка, диабетическая ретинопатия, цифровое изображение, оценка качества изображения, U-Net, сегментация.*