

UDK 004.8, 004.93

## GISTOLOGIK TASVIRLARGA ISHLOV BERISH USULLARINI TADQIQ QILISH

Mirzayev N.<sup>1</sup>, Meliyev F.<sup>1</sup>, Qodirov A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy tadqiqot instituti,  
Toshkent, O'zbekiston

<sup>2</sup> Sharof Rashidov nomidagi Samarqand davlat universiteti, Samarqand, O'zbekiston  
nomazmirza@rambler.ru, farhodtorg@gmail.com

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada gistologik tasvirlarga ishlov berish usullari tadqiq qilish, ular asosida hisoblash-tajribalari o'tkazish masalasi o'rganilgan. Ishlov berish usullaridan fanni olib tashlash va yorqinlikni cheklash orqali gistogrammani adaptiv tekislash usullari tadqiq qilingan. Taklif etilayotgan usulning yondashuvi tasvirdagi belgilarni yo'qotilishini kamaytirishga erishilgan holda tasvirning sifatini oshirishga qaratilgan. Ushbu yondashuvni amalga oshirishda fanni olib tashlash usulida tasvir qism sohalari doira shakli ishlov berish amalga oshirilgan. Yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv tekislash usulida gistogramma normallashtirish, matematik statistikaning apparatlaridan foydalanilgan. Tajribasinovlar o'tkazish uchun tadqiq etilgan usullar uchun dasturiy vosita ishlab chiqilgan. Tasvir sifatini yaxshilanganligini baholash uchun sifatni tekshirish mezonlari bo'yicha hisoblash-tajribalari o'tkazilgan. Dasturiy vositadan tibbiy tasvirlarni sifatini yaxshilashda foydalanish mumkin.

**Kalit so'zlar:** tibbiy tasvir, gistogramma, normallashtirish, lokal qism, gistologiya, kombinatsion usullar.

### I. KIRISH

So'nggi yillarda tibbiyotda kasalliklarni tashxislashda tibbiy tasvirlardan samarali foydalanilmoqda [1]. Shu jumladan, onkologik kasalliklarni tahlil qilish va tashxislashda gistologik tasvirlar asosida faol tadqiqotlar o'tkazilib o'rganilmoqda.

Gistologiya – mikroskopik darajada biologik to'qimalar va hujayralar tuzilishini o'rganadigan fan bo'lib, gistologik tasvirni tahlil qilish tibbiy tashxislash, patologik ilmiy tadqiqotlarda muhim rol o'ynaydi [2]. Bunday tadqiqotlarda uchraydigan asosiy muammo gistologik tasvirlarda obyektlarning zichligi va ko'plab tafsilotlarga ega ekanligi sababli ularni tahlil qilish jarayonlarida qiyinchiliklarga olib keladi. Gistologik tasvirlarni tahlil qilishda tasvirdagi obyektlar, ya'ni hujayralar, to'qimalar va tuzilmalar sohasini ajratish va ular asosida tahlil qilish amalga oshiriladi [3]. Bu esa gistologik tasvirlarga ishlov berishning ajralmas qismi sifatida qaraladigan dastlabki ishlov berish masalasi muhim ekanligini beradi [4]. Gistologik tasvirlarga ishlov berish va tahlil masalalariga tasvir sifatini yaxshilash, tahlil qilishni avtomatlashtirish, tasvirda mavjud obyektlar sohasini ajratib ko'rsatish va ularni o'lchamini o'lchash, fon va shovqinlarni olib tashlash, anatomik tuzilish ko'ra belgilarni yaxshiroq tushunish uchun 3D modellarni yaratishi mumkin. Ushbu yo'nalish tibbiy va biologik tadqiqotlar, klinik amaliyot va boshqa

sohalarda qo'llaniladigan tasvirlarga ishlov berish usullarining keng doirasini qamrab oladi [5].

Gistologik tasvirlarni tahlil qilish tibbiyot va biologiya sohaslarida toboro muhim ahamiyat kasb etmoqda. Bu ayniqsa to'qima va hujayralarni mikroskop asosida biologik jarayonlarni o'rganish, tadqiq qilish hamda vizuallashtirishda muhimdir [6]. Bunday gistologik tasvirlar turli holatlardagi ta'siri natijasida tasvirlarda halaqitlar, shovqinlar paydo bo'ladi va tasvirlarni sifatini yaxshilash masalasini keltirib chiqadi.

Bugungi zamonaviy tibbiy diagnostika va biologik tadqiqotlarning ko'pgina asoslari tibbiy tasvirlarga bog'liq bo'lib, ularni samarali tashkil etish uchun tasvirlarga dastlabki ishlov berish masalasi muhimligi ushbu tadqiqotning dolzarb va istiqbolli ekanligini ko'rsatadi.

### II. MASALA QO'YILISHI

Tadqiqotda gistologik tasvirlar asosiy tarkibiy qismlari bo'lgan biologik to'qimalar va hujayralarni tahlil qilishda kerak bo'lishi mumkin bo'lgan usullar tadqiq qilinib, ushbu usullar yordamida gistologik tasvirlar sifatini yaxshilash masalasi o'rganiladi va gistologik tasvir sifatini oshirish usullari yaxshilanganlik darajasini baholashda usullarning samaradorligi qiyosiy tahlil qilinadi. Shuningdek, ushbu tadqiqot yordamida gistologik tasvirga ishlov berishda qaysi usullar samarali bo'lishi mumkinligini aniqlash va ularning gistologik ilmiy tadqiqotlarda

potensial qo'llanilishini o'rganishdir. Usullarni tadqiq etishda jarayonida gistologik tasvirlarni to'plash va tayyorlash, ularga ishlov berish uchun samarali hisoblangan usullarga algoritmlarini ishlab chiqish hamda ularni amaliy jihatdan foydalanish uchun dasturiy vosita yaratish, tajriba-sinovdan o'tkazish maqsad qilib olingan.

Ushbu maqoladagi ilmiy yangilik gistologik tasvirlarga ishlov berishning samarali usullari tadqiq etish va usulni amalga oshirish algoritmlar ishlab chiqish hamda tibbiy diagnostika, ilmiy tadqiqotlar va biologik ma'lumotlar tahlili ushbu usullardan foydalanishdir. Maqolada usullari tadqiq etishda quyidagi asosiy jihatlar qaralgan:

*Usullarni qiyosiy tahlil qilish:* gistologik tasvirlar bo'yicha mavjud usullarni batafsil qiyosiy tahlil qilish. Bunday qiyosiy tadqiqotlar qaysi holatlarda qanday usul samaraliroq bo'lishi mumkinligini aniqlashga yordam beradi.

*Kombinatsiyalangan yondashuv:* bir nechta usulning ustunlik tomoni birlashtirilgan amalga oshirilgan kombinatsiyalangan usulni ishlab chiqish. Masalan, fonni olib tashlash uchun bir usuldan, keyin esa kontrastni yaxshilash uchun boshqa usuldan qanday foydalanishni o'rganish.

*Muayyan maqsadlar uchun moslashish:* muayyan maqsadlar uchun, masalan, ayrim kasalliklarni tashxislash yoki o'ziga xos biologik tuzilmalarni tahlil qilish usullarining moslashtirilgan variantlarini ishlab chiqish.

*Ma'lumotlardagi o'zgarishlarning mustahkamligini baholash:* gistologik ma'lumotlarning turlarini xilma-xilligi va suratga olish sharoitlariga nisbatan usullarning mustahkamligini o'rganish ilmiy jihatdan yangi bo'lishi mumkin va ularning amaliy qo'llanilishini aniqlashga yordam beradi.

### III. TADQIQ ETILADIGAN USULLAR

Bir qator tasvirlarni yaxshilash tadqiq etilib, "Siljiydigan doira yordamida fonni ayirish" (SDYFA) va "Yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv tekislash" (YChGAT) usullar gistologik tasvirga samarali ishlov berish usullari sifatida taklif qilingan.

Siljiydigan doira yordamida fonni ayirish usuli fonni olib tashlash va tasvirlardagi obyektlarni ajratib ko'rsatishda qo'llaniladi. Ushbu usul, tasvirdagi fon notekis bo'lgan, tuzilmalarni tahlil qilishga xalaqit beradigan holatlarda yaxshi samara beradi. "Yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv tekislash" usuli odatda kontrastni yaxshilash usuli bo'lib, teksturali belgilarni saqlagan holatda tasvirlardagi tafsilotlari yanada vizuallashtirishni yaxshilashga imkon beradi. Ushbu usullar tasvir sifatini yaxshilashda turli xalaqit va shovqin, kontrasti past bo'lgan turli xil

holatdagi tasvirlarga ishlov berish usullari bo'lib, ular har biri o'zining matematik apparatiga ega. Quyida usullarning amalga oshirish yondashuvi qarab chiqiladi.

**1. Siljiydigan doira yordamida fonni ayirish usuli (SDYFA).** Bu tasvir yoki videoyozuvdagi fonni olib tashlash va ulardagi obyektlarni ajratish, belgilash uchun ishlatiladigan tasvirlarga ishlov berish usulidir. Ushbu usul, obyektlarni fondan ajratish zarur bo'lgan kompyuterli ko'rish va tasvirlarga ishlov berish sohalarida ayniqsa foydalidir. Bu usul tanlab olinadigan maxsus doiraning tasvir bo'ylab siljitish va fon qiymatini ayirish tamoyiliga asoslanadi.

SDYFA usulining ishlashi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1. *Siljiydigan doirani yaratish:* jarayonning dastlabki bosqichida, ya'ni "siljiydigan doira"ning boshlang'ich pozitsiyasi bo'lib xizmat qiladigan tasvirning kichik maydoni tanlanadi. Odatda bu maydon tasvirning yuqori chap burchagi bo'ladi.

2. *Doirani siljitish:* siljiydigan doira tasvir bo'ylab harakatlanish bilan bir vaqtning o'zida maydon ichidagi yorqinlik darajasini tahlil qiladi. Bunda maydon ichidagi o'rtacha yorqinlik darajasini (bo'sag'a) hisoblab chiqiladi.

3. *Fonni ayirish:* "siljiyotgan doira" obyekt joylashgan tasvir maydonini kesib o'tishi bilan obyektning yorqinlik darajasi va maydon ichidagi o'rtacha yorqinlik darajasi o'rtasidagi farq hisoblab chiqiladi. Bu farq obyektlarni fondan ajratib turadigan binar (ikkilik) niqobni yaratish uchun ishlatiladi.

4. *Tahlil va qo'shimcha ishlov berish:* olingan ikkilik niqob obyektning aniq segmentlangan tasvirini olish uchun shovqinlarni olib tashlash yoki fragmentlangan hududlarni birlashtirish kabi qo'shimcha ishlov berishni talab qilishi mumkin.

Matematik jihatdan bu usulni quyidagi bosqichlarda tasvirlash mumkin.

1. "Siljiydigan doirani" aniqlab olish:

- doira radiusi  $R$  aniqlanadi;
- radiusi  $R$  bo'lgan doira shaklidagi struktura elementi yaratiladi.

2. *Fonni baholash:*

- har bir  $(x,y)$  piksel uchun strukturaviy element ichidagi minimal qiymatni ifodalovchi fon bahosi hisoblanadi;
- $I$  — berilgan tasvirdagi piksel yorqinligi,  $B$  — fon bahosi va  $S$  — siljuvchi doira shaklidagi strukturaviy elementi bo'lsin. Unda fon bahosi quyidagicha hisoblanadi:

$$B(x, y) = \min_{(i,j) \in S} I(x+i, y+j) \quad (1)$$

## 3. Forni ayirish:

- tuzatilgan (yaxshilangan) tasvirni hosil qilish uchun berilgan har bir pikselning yorqinligidan fon bahosi ayrilib chiqiladi:

$$R(x, y) = I(x, y) - B(x, y). \quad (2)$$

Ushbu usul tasvirdan forni olib tashlash uchun, ayniqsa fon bir xil bo'lmagan hollarda qo'llaniladi (gistologik tasvirlarga xos bo'lgan xususiyat).

**2. Yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv tekislash usuli.** Gistogrammani tekislash — bu tasvirlarning kontrastini yaxshilash uchun foydalaniladigan kompyuterli ishlov berish texnologiyasidir [7]. Gistogrammani tekislash ko'p uchraydigan yorqinlik qiymatlarini samarali taqsimlash, ya'ni tasvir yorqinligi diapazonini kengaytirish orqali amalga oshiriladi. Gistogrammani tekislash tasvirning har bir pikseli  $x(0 \leq x \leq 255)$  uchun quyidagi formula orqali amalga oshirildi:

$$G(x) = \text{round} \left( \frac{Tf(x) - Tf_{\min}}{PS - 1} \times 255 \right), \quad (3)$$

bu yerda  $PS$  – tasvirdagi piksellar umumiy soni,  $Tf(x)$  – taqsimlash funksiyasi,  $Tf_{\min}$  – taqsimlash funksiyasining minimal qiymati, u quyidagicha aniqlanadi:

$$Tf(x) = h(0) + h(1) + \dots + h(x), \quad (4)$$

bu yerda  $h(x)$  – gistogramma funksiyasi bo'lib,  $x$  yorqinlikdagi piksellar sonini bildiradi.

Tasvir gistogrammasini tekislash orqali uning barcha pikselleriga mavjud yorqinlik diapazonidan maksimal tarzda foydalanish imkoni beriladi.

Yuqorida keltirilgan usul barcha tasvirlarning ham o'ziga xos xususiyatlarini yoki kutilgan sifat ko'rsatgichini ta'minlamasligi mumkin. Shuning uchun bu usulni rivojlantirish davom ettirilib, tasvirlarni sifatini oshirishda gistogrammani adaptiv tekislash [8] va yorqinlikni cheklab adaptiv tekislash (YChGAT) usullari ham keng qo'llaniladi.

Tasvirdagi kontrastni yaxshilash uchun yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv tekislash usuli qo'llaniladi. Ushbu usul tasvirning yorqinlik gistogrammasi asosida ishlaydi va tasvirni kichik bloklarga bo'ladi, so'ngra har bir blokga adaptiv (moslashtirilgan) tarzda gistogrammani tekislash usulini qo'llaydi, bu esa tasvirdagi tafsilotlarini saqlab qolgan holda tasvirning har bir sohasidagi kontrastni yaxshilaydi.

YChGAT usulining ishlashi quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1. *Tasvirni bloklarga bo'lish:* berilgan tasvir bir xil o'lchamdagi bir-biriga o'xshash bir nechta bloklarga bo'linadi;

2. *Gistogrammani hisoblash:* Har bir tasvir bloki uchun bu blok ichidagi yorqinlik taqsimotini ifodalaydigan piksellar yorqinligi gistogrammasi hisoblab chiqiladi;

3. *Kontrastni cheklash:* Har bir blokning yorqinlik gistogrammalari tasvirning yorqin yoki qorong'i joylarida kontrastning haddan tashqari o'zgarishiga yo'l qo'ymaslik uchun cheklanadi. Cheklash blokda piksellarning umumiy soni ma'lum bo'sag'aviy qiymatdan oshmasligi uchun gistogrammani kesish orqali amalga oshiriladi;

4. *Yorqinlikni taqsimlash:* gistogrammani tekislash usuli yordamida har bir blok ichida yorqinlik teng taqsimlanadi. Buning uchun har bir blokning yorqinlik gistogrammasi har bir intensiv qiymatda piksellarning umumiy soni bir xil bo'ladi qilib o'zgartiriladi;

5. *Bloklar integratsiyasi:* tasvirning tuzatilgan bloklari YChGAT algoritmi qo'llaganidan so'ng yakuniy tasvirni olish uchun birlashtiriladi.

YChGAT usuli har bir blokda moslashtirilgan yorqinlik taqsimlanishi tufayli tasvir kontrastini yaxshilash imkonini beradi. Bu tasvir tafsilotlarini saqlab qoladi va tasvirning yuqori yoki past kontrastli maydonlarida yorqinlikning haddan tashqari yuklanishi yoki tafsilotlarning yo'qolishining oldini oladi. YChGAT usuli tibbiy tasvirlarga ishlov berish, fotografiya va tasvir kontrastini yaxshilash muhim bo'lgan boshqa ilovalarda keng qo'llaniladi. Matematik jihatdan bu usulni quyidagi bosqichlarda tushuntirish mumkin:

## 1. Lokal gistogrammalarni hisoblash:

- tasvirni bir-birini qoplamaydigan bloklarga bo'lish;
- har bir blok uchun yorqinlik gistogrammasini hisoblash.

## 2. Gistogrammani adaptiv tekislash:

- har bir blok uchun kontrast cheklovini hisobga olgan holda gistogrammani tekislash algoritmi qo'llaniladi.

$H_{i,j}(k) - (i, j)$  — blokda yorqinligi  $k$  bo'lgan piksellar soni va  $H'_{i,j}(k) - (i, j)$  — blokda adaptiv ravishda tekislangan gistogramma bo'lsin.

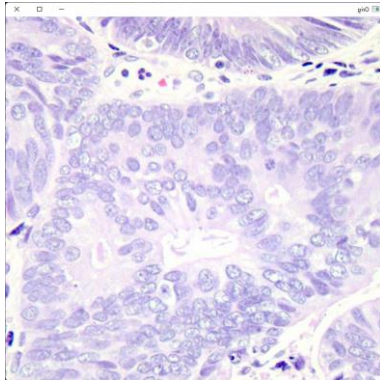
Shovqin kuchayib ketishining oldini olish uchun quyidagi kontrastni cheklash funksiyasidan foydalaniladi:

$$H'_{i,j}(k) = \begin{cases} H_{i,j}(k), & \text{agar } H_{i,j}(k) \leq T \\ T, & \text{aks holda} \end{cases}, \quad (5)$$

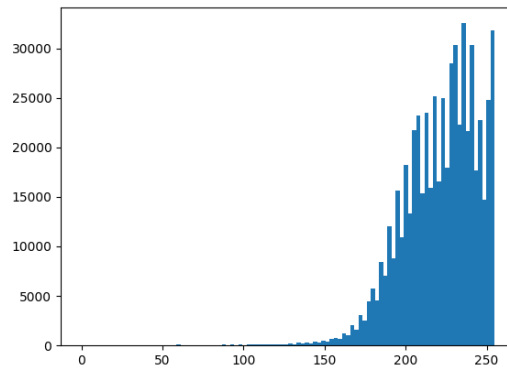
bu yerda  $T$  — kontrastni cheklash uchun bo'sag'aviy qiymat.

3. Bloklar orasidagi qiymatlarni interpolyatsiya qilish:

- bloklar chegaralaridagi artefaktlarni yo'qotish uchun bloklar orasidagi qiymatlar interpolyatsiya qilinadi.
- $F(x, y) - (x, y)$  — pikselidagi interpolyatsiya qilingan qiymat,  $H'_{i,j}(k) - (i, j)$  — blokdagi adaptiv ravishda tekislangan gistogramma, va  $F_{i,j}^{-1}(x, y)$  — blok ichidagi interpolyatsiya funksiyasi bo'lsin:



a)



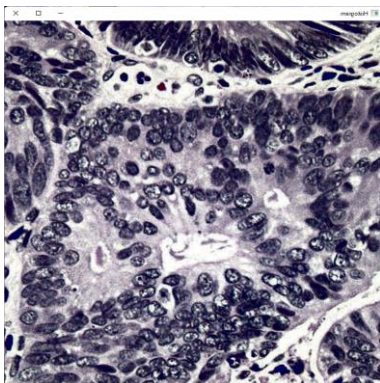
b)

**1-rasm.** Gistologik tasvir (a) va uning gistogrammasi (b)

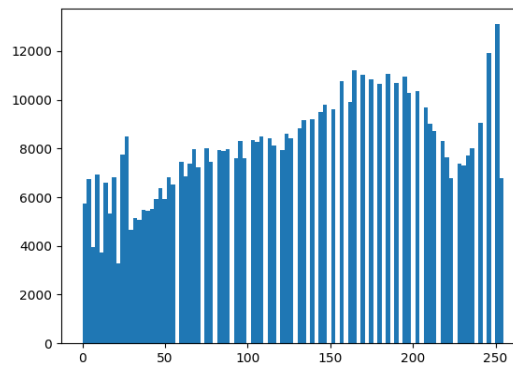
1(b)-rasmdagi gistogrammada gorizontall o'qda joylashgan yorqinlikning har bir qiymatiga mos piksellar soni keltirilgan. Gistogrammada yorqinlik baland bo'lgan sohada piksellar soni ko'pligini ko'rish mumkin. Gistogrammani gorizontall joylashgan o'q bo'ylab tekislash orqali

tasvir umumiy ko'rinishini yaxshilash mumkin [6].

1-rasmda ko'rsatilgan tasvirning gistogrammasini (3) formula yordamida tekislanganda tasvir va uning gistogrammasida quyidagi o'zgarishlar sodir bo'ladi (2-rasm):



a)



b)

**2-rasm.** Gistogrammasi o'zgartirilgan gistologik tasvir (a) va uning gistogrammasi (b)

Gistogrammani tekislash ko'p uchraydigan yorqinlik qiymatlarini samarali taqsimlash, ya'ni tasvir yorqinligi diapazonini kengaytirish orqali amalga oshiriladi. Ushbu usul odatda 1(b)-rasmda ko'rsatilgandek tasvir ma'lumotlari bir-biriga

yaqin yorqinlik qiymatlari bilan ifodalangan bo'lsa, tasvirlarning umumiy yorqinligi (kontrasti) ni oshirish uchun qo'llaniladi va pastroq yorqinlikka ega tasvir qismlariga yuqori yorqinlikni olish imkonini beradi.

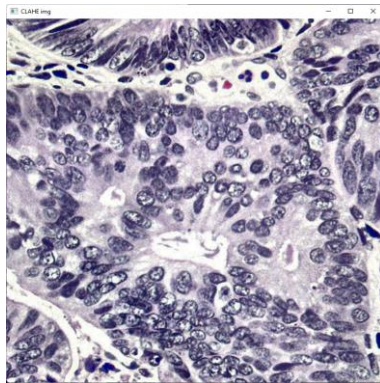
### Gistologik tasvirlarga ishlov berish usullarini tadqiq qilish

Gistogrammaning tekislanishi natijasida tasvirda piksellarning yanada yorqinlashganini sezish mumkin.

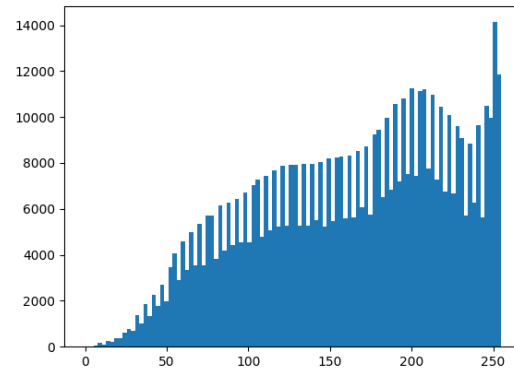
Gistogrammani adaptiv tekislash usuli gistogrammani tekislash usulidan farqli ravishda har biri tasvirning xar xil qismlariga mos keladigan bir nechta gistogrammalarni hisoblab chiqadi va ularni tasvirning yorqinlik qiymatlarini qayta taqsimlash uchun ishlatadi. Shuning uchun u lokal yorqinlikni yaxshilash va tasvirning har bir sohasida chegaralar aniqligini yaxshilash uchun xizmat qiladi. Lekin gistogrammani adaptiv tekislash tasvirning deyarli doimiy qismlarida

gistogrammani kuchli konsentratsiyasiga qarab kontrastni haddan tashqari oshirishga intiladi. Bu esa tasvirdagi ayrim muhim tafsilotlar joylashgan qismlarida shovqinni kuchayishiga olib kelishi mumkin.

Yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv tekislash usuli gistogrammani adaptiv tekislash usulidan yorqinlikni cheklashi bilan farq qiladi va shovqin miqdorini oshib ketish muammosini kamaytiradi. 3-rasmda yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv tekislash usuli yordamida tanlangan tasvir va uning gistogrammasida sodir bo'lgan o'zgarishlar keltirilgan.



a)



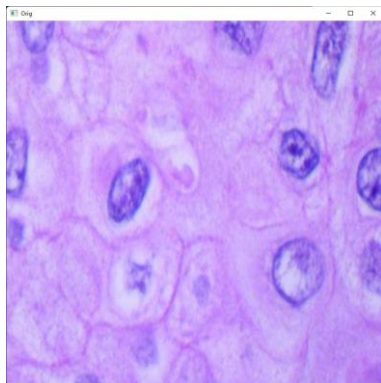
b)

**3-rasm.** Yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv tekislash usuli bilan gistogrammasi o'zgartirilgan gistologik tasvir (a) va uning gistogrammasi (b).

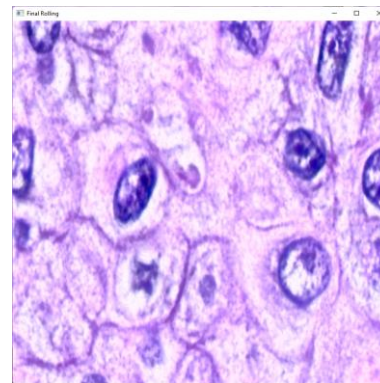
3(a)-rasmdan ko'rish mumkinki dastlabki tanlab olingan 1(a)-rasimga qaraganda tasvir sifati ancha yaxshilangan bo'lsa, 2(a)-rasmdan farqli ravishda ayrim qismlar ranglari kuchayib ketmagan va tasvir gistogrammasida 3(b)-rasm ham o'zgarishlar sodir bo'lgan.

Gistologik tasvirlarning turli qurilmalarda va turli xil sharoitlarda hosil qilinishini hisobga olib,

bu usul hamma gistologik tasvirlarga ham to'raligicha mos keladi deyish qiyin. Shuning uchun yuqorida keltirilgan 2-usul yordamida ham tajribaviy tadqiqotlar o'tkazildi. Buning uchun inson o'pkasidan olingan gistologik tasvirlar tanlab olindi. 4-rasmda tanlab olingan gistologik tasvir (a) va birinchi usul yordamida ishlov berilgan tasvir (b) keltirilgan.



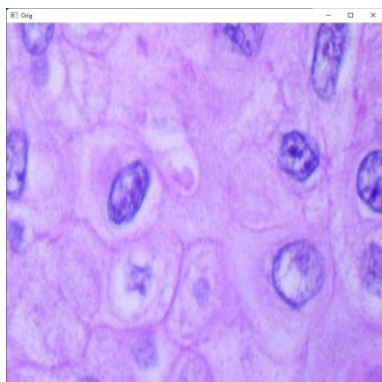
a)



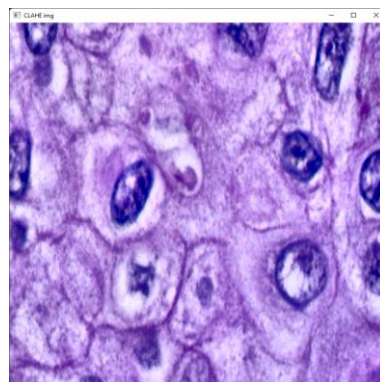
b)

**4-rasm.** Tanlab olingan gistologik tasvir (a) va siljiydigan doira yordamida fonni ayirish usuli bilan ishlov berilgan tasvir (b)

5-rasmda tanlab olingan gistologik tasvir (a) va o'rganilayotgan ikkinchi usul yordamida ishlov berilgan tasvir (b) keltirilgan.



a)



b)

**5-rasm.** Tanlab olingan gistologik tasvir (a) va yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv tekislash usuli bilan ishlov berilgan gistologik tasvir (b)

4 va 5 — rasmlarda ishlov berilgan tasvirlar sifatini dastlabki tanlab olingan tasvir holati bilan (b harf bilan belgilangan) vizual solishtirish yoki tasvir sifatini solishtirishga mo'ljallangan mezonlardan ham foydalanish mumkin [9,10]. Ana shunday usullardan ayrimlarini ko'rib o'tamiz.

1. O'rtacha kvadratik chetlanish (Mean Squared Error, MSE):

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (I(i, j) - \hat{I}(i, j))^2 \quad (7)$$

bunda  $I(i, j)$  — berilgan tasvirning pikseli,  $\hat{I}(i, j)$  — ishlov berilgan tasvir pikseli,  $m$  va  $n$  — tasvir o'lchamlari. MSE qancha kichik bo'lsa, shuncha yaxshi.

2. O'rtacha absolyut chetlanish (Mean Absolute Error, MAE):

$$MAE = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |I(i, j) - \hat{I}(i, j)| \quad (8)$$

MSEga o'xshab, MAE ham piksel qiymatlari orasidagi o'rtacha mutlaq farqni o'lchaydi. MAE ham qancha kichik bo'lsa, shuncha yaxshi.

3. Eng yuqori signal-shovqin nisbati (Peak Signal-to-Noise Ratio, PSNR):

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{\text{piksel maksimal qiymati}^2}{MSE} \right) \quad (9)$$

PSNR maksimal signal energiyasi va MSE og'ish o'rtasidagi munosabat o'lchovidir. PSNR yuqori qiymati yaxshiroq sifatga mos keladi.

4. Struktura bo'yicha o'xshashlik indeksi (Structural Similarity Index, SSIM):

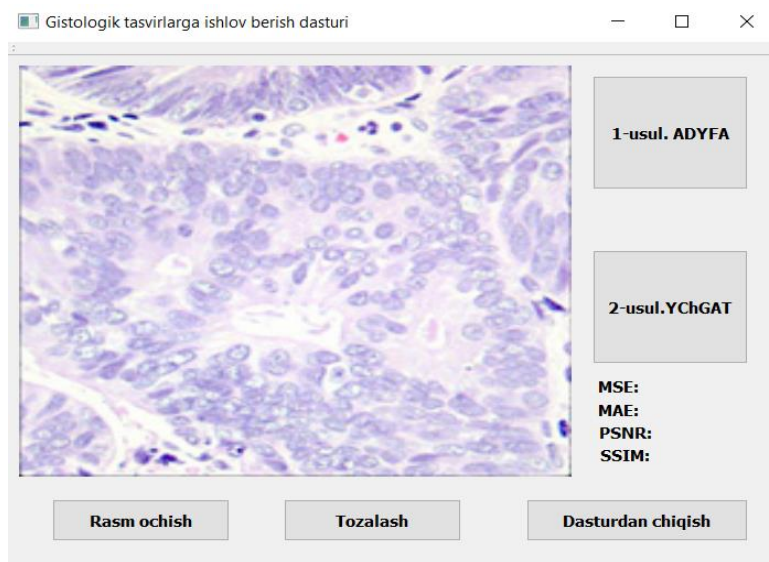
$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (10)$$

bunda  $\mu_x, \mu_y$  — o'rtacha qiymatlar,  $\sigma_x, \sigma_y$  — dispersiyalar,  $\sigma_{xy}$  — kovariatsiya,  $C_1$  va  $C_2$  — formulani barqarorlashtirish uchun konstantalar. SSIM tasvirlar orasidagi tizimli o'xshashlikni o'lchaydi. 1 ga yaqin qiymatlar yuqori o'xshashlikni ko'rsatadi.

Ushbu mezonlar ko'pincha tasvirga ishlov berish natijalarini sifat jihatidan baholash uchun ishlatiladi va qaysidir birini tanlash vazifaning maqsadlari va kontekstiga bog'liq. E'tibor berish kerakki, ular har doim ham insonning tasvir sifatini idrok etishini aks ettirmaydi, shuning uchun baholash ham miqdoriy, ham sifat jihatlarini o'z ichiga olishi kerak.

Foydalanuvchilarga tanlab olingan tasvirlarga tadqiq qilinayotgan usullar yordamida ishlov berishni osonlashtirish va qulaylashtirish uchun Python dasturlash tilida dasturiy ta'minot yaratildi. Dastur tanlab olingan tasvirga ishlov berish bilan bir qatorda, uni dastlabki holati bilan yuqoridagi mezonlardan foydalanib (7-10 formulalar) solishtirish natijalarini ham ko'rsatish imkoniyatini beradi. Dastur bosh oynasi 6-rasmda keltirilgan.

Ushbu dastur yordamida inson o'pkasi (1-jadval) va yo'g'on ichagi (2-jadval) gistologik tasvirlariga ishlov berib tasvir sifatini solishtirish mezonlarini qo'llab olingan natijalar birinchi va ikkinchi jadvallarda keltirilgan.



6-rasm. Gistologik tasvirlarga ishlov berish dasturi oynasi

1-jadval. O’pka gistologik tasviri va unga ikki usul bilan ishlov berish natijasida olingan tasvir o’rtasidagi solishtirish natijalari

T.r.	Usul nomi	Mezon nomlari			
		MSE	MAE	PSNR	SSIM
1	SDYFA	0.0164	0.1125	17.84	0.858
2	YChGAT	0.0208	0.1154	16.80	0.806

2-jadval. Yo’g’on ichak gistologik tasviri va unga ikki usul bilan ishlov berish natijasida olingan tasvir o’rtasidagi solishtirish natijalari

T.r.	Usul nomi	Mezon nomlari			
		MSE	MAE	PSNR	SSIM
1	SDYFA	0.0600	0.2046	12.21	0.3485
2	YChGAT	0.0676	0.2155	11.69	0.3057

1 va 2-jadvaldagi natijalarga ko’ra «Siljiydigan doira yordamida fonni ayirish» usulida ishlov berilgan tasvirlar sifati har to’rtala mezonlar bo’yicha ham «Yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv tekislash» usulida ishlov berilgan tasvirlarga qaraganda yaxshiroq ko’rsatgichlarga ega bo’ldi.

V. XULOSA

Ushbu tadqiqotda gistologik tasvirlar asosiy tarkibiy qismlari bo’lgan biologik to’qimalar va hujayralarni tahlil qilishda samarali bo’lgan usullar tadqiq qilinib, ular qiyosiy tahlil qilindi. Ushbu usullar asosida gistologik tasvirlar sifatini yaxshilash masalasini o’rganildi hamda gistologik tasvirlar sifatini oshirish usullari sifatida siljiydigan doira yordamida fonni ayirish, yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv

tekislash usullari qo’llash taklif etildi. Taklif etilgan usullar amalga oshirish uchun algoritmlar ishlab chiqildi. Algoritmlar asosida dasturiy vosita Python dasturlash tilida yaratildi va ushbu dasturiy vosita asosida tajriba-sinovlar o’tkazildi.

Qo’llash uchun taklif etilgan usullarni to’plangan tasvirlar to’plami qo’llash asosida yaxshilanganlik samaradorligi baholashda MSE, MAE, PSNR, SSIM mezonlar bo’yicha baholangan. Ushbu mezonlar bo’yicha siljiydigan doira yordamida fonni ayirish, yorqinlikni cheklab gistogrammani adaptiv tekislash usullari yaxshi ko’rsatgichga ega bo’lishi va ushbu usullarni qo’llashda samarali ekanligi tasdiqlandi.

Umuman olganda, gistologik tasvirlarni gistogramasini tekislash, adaptiv tekislash va yorqinlikni cheklash orqali adaptiv tekislash va siljiydigan doira yordamida fonni ayirish usullari

yordamida ishlov berish tasvir sifatini vizual yaxshilash, obyektlarni yaxshi ajratib o'rganish, tahlil qilish mumkin. Ushbu usullarni gistologik tasvirlarga qo'llash orqali kasalliklarni erta tashxislashga yordam beradi va u orqali to'g'ri davolash yo'llarini belgilash imkoniyatini kengaytiradi.

Tasvirga ishlov berishning ushbu usullarining har birini alohida qo'llash imkoniyatini beruvchi dasturiy vositani tibbiyot xodimlariga tibbiy amaliyotda foydalanishni tavsiya etish mumkin.

#### ADABIYOTLAR

- [1] Jerry L. Prince, Jonathan M. Links. Medical Imaging Signals and Systems // Second Edition.- 2015.538 p.
- [2] Guo H., Birsa J., Farahani N. Digital pathology and anatomic pathology laboratory information system integration to support digital pathology sign-out // Journal of Pathology Informatics. 2016. Vol. 7. P. 23. doi: 10.4103/2153-3539.181767.
- [3] Rangaraj M. Rangayyan. Biomedical Image Analysis //CRC PRESS-2004.264 p.
- [4] Gonsales R., Vuds R. Sifrovaya obrabotka izobrajeniy // Izdaniye 3-ye, ispravlennoye i dopolnennoye Moskva: Texnosfera, 2012. – 1104 s.
- [5] S.K.Fazilov, K. S. Abdiyeva and O. R. Yusupov, "Improvement of Image Enhancement Technique for Mammography Images," 2023 IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS), Batumi, Georgia, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/EWDTS59469.2023.10297044.
- [6] Pantanowitz L., Szymas J., Yagi Y., Wilbur D. Whole slide imaging for educational purposes // J. Pathol. Inform. 2012. Vol. 3. P. 46. doi: 10.4103/2153-3539.104908.
- [7] Caselles V., Lisani J., Morel J., Sapiro G. Shape Preserving Local Histogram Modification. IEEE Trans. Image Processing, vol. 8, no. 2, 1999.
- [8] Stark J. A. Adaptive Image Contrast Enhancement Using Generalizations of Histogram Equalization. IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, no. 5, pp. 2000.
- [9] A. Botchkarev. "Performance Metrics (Error Measures) in Machine Learning Regression, Forecasting and Prognostics: Properties and Typology." ArXiv abs/1809.03006 (2018): n. pag.
- [10] A. Horé, D. Ziou. (2010). Image quality metrics: PSNR vs. SSIM. 2366-2369. 10.1109/ICPR.2010.579.

Поступила в редакцию 10.10.2023

**Citation:** Mirzayev N., Meliyev F., Qodirov A. (2023). Gistologik tasvirlarga ishlov berish usullarini tadqiq qilish. Raqamli texnologiyalarning nazariy va amaliy masalalari xalqaro jurnali. 4(6). – B. 117-125.

## INVESTIGATION OF PROCESSING METHODS OF HISTOLOGICAL IMAGE

Mirzaev N.<sup>1</sup>, Meliev F.<sup>1</sup>, Kodirov A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Digital technologies and artificial intelligence research institute, Tashkent, Uzbekistan

<sup>2</sup> Samarkand State University named after Sharof Rashidov, Samarkand, Uzbekistan  
nomazmirza@rambler.ru, farhodtorg@gmail.com

**Abstract.** This article discusses the problem of researching methods for processing histological images and conducting computational experiments based on them. Among the existing processing methods, methods of background removal and contrast limited adaptive histogram equalization have been studied. The approach of the proposed method is aimed at improving image quality with minimal loss of features in the image. When implementing this approach using the background removal method, processing of sections of parts of the image was carried out in the form of a circle. The contrast limited adaptive histogram equalization method used histogram normalization and mathematical statistics tools. A software tool was developed to conduct experiments using the methods under study. To evaluate the improvement in image quality, computational experiments were carried out using quality control criteria. The software tool can be used to improve the quality of medical images.

**Keywords:** medical image, histogram, normalization, local part, histology, combined methods.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ГИСТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Мирзаев Н.<sup>1</sup>, Мелиев Ф.<sup>1</sup>, Кодиров А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт развития цифровых технологий и  
искусственного интеллекта, Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup> Самаркандский государственный университет имени Шарофа Рашидова,  
Самарканд, Узбекистан  
nomazmirza@rambler.ru, farhodtorg@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена задача исследования методов обработки гистологических изображений и проведение на их основе вычислительных экспериментов. Из существующих методов обработки исследованы методы удаления фона и адаптивного сглаживания гистограммы с ограничением яркости. Подход предлагаемого метода направлен на повышение качества изображения с наименьшей потерей признаков в изображении. При реализации данного подхода методом удаления фона обработка участков частей изображения осуществлялась в виде круга. В методе адаптивного выравнивания гистограмм с ограничением яркости использовались инструменты нормализации гистограммы и математической статистики. Для проведения экспериментов по исследуемым методам было разработано программное средство. Для оценки улучшения качества изображения были проведены вычислительные эксперименты по критериям контроля качества. Программное средство можно использовать для улучшения качества медицинских изображений.

**Ключевые слова:** медицинское изображение, гистограмма, нормализация, локальная часть, гистология, комбинированные методы.