

## NOQULAY OB-HAVO SHAROITIDA OLINGAN TASVIRLAR SIFATINI YAXSHILASH USULLARI

**Normurodov Sadridin Salim o'g'li**  
*O'zbekiston milliy universiteti magistranti*  
*Toshkent, o'zbekiston*

**Annotatsiya.** *Dunyoda ob'ektlarni tanib olish tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda va dinamik tizimlarda algoritmlardan foydalanish zaruratga aylanib bormoqda. Tasvirni aniqlash algoritmlari ishlab chiqish va takomillashtirish. Ochiq hududlarda suratga olingan tasvirlar yoki, video ketma-ketliklar sifatiga eng ko'p ta'sir etadigan tashqi omillar sirasiga yomg'ir va tumanli obhavo sharoitlarini misol sifatida keltirishimiz mumkin. Ushbu maqolada berilgan tasvir sifatiga ko'rsatilgan ikki omil ta'sirini kamaytirishga mo'ljallangan algoritmlar bilan tanishib chiqamiz.*

**Kalit so'zlar:** *Tasvir sifatini yaxshilash usullari va algoritmlari, Chiziqli tasvirni qayta ishlash algoritmlari, Tezkor tasvirni qayta ishlash algoritmlari rekursiv – ajraladigan tasvirlarni qayta ishlash algoritmi va "tuman" effektini shaffoflashtirish. Turli yoritilganlik sharoitlarida olingan tasvirlar sifatini yaxshilash algoritmlari. Tasvir o'rtacha yorqinligini ko'tarish algoritmi. Gistogramani tekislash algoritmlarini ishlab chiqish.*

### **Berilgan tasvirda yomg'ir va qor elementlarini kamaytirish usullari:**

Yomg'ir tomchilarining yuqori tezlikda pastga tushishi natijasida tasvirda turli ko'rinishdagi chiziqlar hosil bo'ladi. Ushbu chiziqlar yomg'ir chiziqlari deb ataladi. Odatda yomg'ir tomchisi yoki yomg'ir chiziqlari o'z atrofida tuman yoki tasvirni xiralashishi kabi holatlarni keltirib chiqaradi va natijada tasvir ko'rinishini buzilishiga sabab bo'ladi. Yomg'irni olib tashlash usullari ikki guruhga bo'linadi: xarakatsiz tasvirdan yomg'irni o'chirish va video oqimdan yomg'irni o'chirish. Bu ikki masala uchun ishlab chiqilgan usullarning farqli va o'xshash jihatlari mavjud. Ikkala masala ham modelga asoslangan an'anaviy usullarni qabul qiladi. Bunda yomg'irning fizik xususiyatlaridan foydalanib yomg'ir tomchilari modeli tuziladi va tasvirdan yomg'ir chiziqlari qatlami ajratib olinadi. Bundan tashqari ikkala masalani yechishda hozirda keng qo'llanilayotgan neyron tarmoq texnologiyalari qo'llanilib kelinmoqda. Ushbu usullarning aksariyati muammoning muayyan bir jihatlarga mo'ljallangan bo'lib, ularning har biri o'ziga yarasha ustuvor tomonlariga ega. Video oqimdan yomg'ir chiziqlarini o'chirish algoritmlarini umumiy holda to'rt guruhga ajratish mumkin: vaqt sohasiga asoslangan, chastota sohasiga asoslangan, quyi razryad va siyraklikka



asoslangan va chuqur o'qitish texnologiyalariga asoslangan. Dastlabki uchta guruhga mansub algoritmlarga modelga asoslangan usul sifatida qarashimiz mumkin.

To'rtinchi guruhdagi algoritmlar belgilar oldindan to'plangan o'quv ma'lumotlari avtomatik o'qitiladigan algoritmlar. Shuning uchun ushbu guruhga mansub algoritmlarni ma'lumotga asoslangan usul sifatida ko'rishimiz mumkin. Bevosita ekspozitsiya vaqtini uzaytirish yoki kamera maydoni chuqurligini pasaytirish orqali video ko'rinishini o'zgartirishdan yomg'ir ta'sirini kamaytirish yoki o'chirib tashlash taklifi ilgari surilgan. Mualliflar dastlab alohida yomg'ir chiziqlari tomonidan hosil qilinadigan

intensivliklarni ifodalovchi fotometrik model hamda yomg'irning fazo va vaqtga bog'liq xususiyatlarini hisoblovchi dinamik modelini ishlab chiqqan. Ushbu modellar birgalikda yomg'irning tashqi ko'rinishini tasvirlaydi hamda ular yordamida video oqimidagi yomg'irni aniqlaydi va o'chiradi. So'ngra, yomg'irning kichik hajmga egaligi, yuqori tezligi va fazoda tarqalishi kabi fizik xususiyatlari hamda tasvirga olayotgan kamera parametri va ko'rinishning yorqinligi singari omillar yomg'irning tashqi ko'rinishiga ta'sirini o'rganiladi. Shundan so'ng pastga tushayotgan yomg'ir tomchisi shakl buzilishlarini hisoblash uchun yomg'ir chiziqlarini ifodalovchi model ishlabchiqdilar.



Ushbu buzilishlarni modellashtirish kameraga yaqin joylashgan yomg'ir tomchilari holatida ko'rinadigan intensivlikni murakkab namunalarni aniq ifodalashga imkon beradi. (2.1-rasm)



(a) Original vidyodan olingan rasm freymlar

(b) Freymlarda aniqlangan yomg'ir piksellari

(s) Yomg'irdan tozalangan freymlar

(d) Original va yomg'irdan tozalangan farqi

2.1-rasm. Ishda taklif etilgan algoritmnini ishlash bosqichlari.

Biroq bu usul kuchli yog‘ayotgan yomg‘irda va kamera yaqinida tez harakatlanayotgan jismlarda yaxshi samara bermaydi. Shuningdek, video oqimini sezilarli yomonlashtirmasdan kamerani sozlash ishlarini amalga oshirib bo‘lmaydi.

Vaqt korrelyasiyasi va quyi razryadli matritsani to‘ldirish orqali yomg‘irni o‘chirish algoritmidagi agar optik oqim tomonidan buzilgan qo‘shni kadr joriy kadr bilan faqatgina yomg‘ir chiziqlari sohalari bilangina farqlanadigan bo‘lsa, u holda shu farqdan foydalanib boshlang‘ich yomg‘ir xaritasi hosil qilinadi. So‘ngra boshlang‘ich yomg‘ir xaritasi tayanch vektorlar usuli yordamida yomg‘ir chiziqlari va yot chiziqlar ajratilgan vektorlar bazisi sifatida ifodalanadi. Yot chiziqlarni o‘chirib tashlash orqali yomg‘ir xaritasi aniqlashtiriladi va yomg‘ir chiziqlari ajratib olinadi. Nihoyat aniqlangan yomg‘irli piksellar matritsani to‘ldirish algoritmidan foydalanib almashtirib chiqiladi. Ushbu amal quyi razryadli approksimatsiya uchun maksimum kutilma iteratsiyasi orqali amalga oshiriladi. (2.2-rasm).



(a)

(b)

2.2-rasm. da taklif etilgan algoritm: (a) – 55 kadr, (b) – 85 kadr

Yuqoriqatorda kiruvchi kadrlar, pastgi qatorda yomg‘ir olib tashlangan kadrlar.

**Turli yoritilganlik sharoitlarida olingan tasvirlar sifatini yaxshilash algoritmlari.**

Hozirgi kunda tasvir sifatini oshirishga mo'ljallangan turli algorimlar ishlab chiqilgan bo'lib, ulardan tasvirda paydo bo'lgan xalaqit turiga, tasvir tuzilishi, ishlov berilayotgan tasvirning qo'llanilish maqsadlariga qarab foydalaniladi. Tasvir sifatini oshirish ko'p hollarda kontrastni oshirish, ranglar taqsimotini tekislash, yorqinlikni normallashtirish kabi usullar yordamida amalga oshiriladi. Tasvir o'rtacha yorqinligini ko'tarish algoritmi Odatda yorug'lik yetarli bo'lmagan sharoitda olingan tasvirlarda tasvirdagi aksariyat piksellarning yorqinlik qiymatlarini pasayishi, kontrastning pasayishi va tor yorqinlik diapazonlari namoyon bo'lishiga olib keladi. Turli yoritilganlik sharoitlardagi tasvirlar gistogrammalari a) qorong'u tasvir; b) past kontrastli tasvir; v) yorqin tasvir; g) yuqori kontrastli tasvir.

Ko'p hollarda qorong'u tasvirlarda additiv shovqinlar hosil bo'ladi va tasvirning tiniqligi va yorqinlikning o'rtacha qiymati pasayishiga olib keladi. Yorqinlikning o'rtacha qiymati va tasvir piksellarining yorqinlik diapazoni kengligining miqdoriy baholash uchun normallashtirilgan yorqinlik gistogramma tahlili o'tkaziladi. bu yerda  $rk$  –  $k$ -yorqinlik darajasi,  $L$  – maksimal yorqinlikdarajasi,  $nk$  –  $rk$  yorqinlik darajasidagi piksellar soni,  $n$  – tasvirdagi umumiy piksellar soni. Normallashtirilgan yorqinlik gistogrammasidan kelib chiqib yorqinlikning matematik kutilmasi va o'rtacha kvadratik chetlanishi hisoblanadi. Qorong'u tasvirlarda yorqinlikning matematik kutilma va o'rtacha kvadratik chetlanish qiymatlari past bo'ladi. Bu esa o'z navbatida yorqinlikning tor diapazoni va tasvir umumiy yorqinlik qiymatining pastligini anglatadi. Yorqinlikning tor diapazoniga ega tasvirlarda kontrastning pasayishi kuzatiladi va natijada tasvirdagi qo'shni piksellar o'rtasidagi farqning (kontrast) kamayishi kuzatiladi. Tasvir kontrasti kontrastlar gistogrammasi orqali aniqlash mumkin.

$$gnorm(cij) = nk/n,$$

bu yerda  $cij$  – tasvirdagi har bir piksel va qo'shni piksel o'rtasidagi farqni ifodalaydi

bu yerda  $A$  – berilgan tasvir matritsasi,  $C$  – tasvirdagi har bir piksel qiymati  $cij$  dan tarkib topgan matritsa. Kontrast gistogrammasi bo'yicha tasvirning kontrastlilik darajasi hisoblanadi  $c$  – tasvirning konirastlilik darajasi.  $c$  ning qiymatlari mos ravishda  $c = 0$  da normal kontrast,  $c > 0$  da yuqori kontrast va  $c < 0$  da past kontrastli tasvirni anglatadi. Qorong'u tasvirlar kontrasti manfiy qiymat qabul qiladi.

#### **Berilgan tasvirdan “tuman” effektini shaffolashtirish.**

Ochiq hududlarda joylashgan videokuzatuv tizimlarida tuman, tutun, chang kabi zarralar tasvirdagi ob'ektning yorug'lik qaytarishi sifatiga o'z ta'sirini ko'rsatadi. Natijada berilgan tasvirda past kontrast, xira ranglar va ko'rinish sifatining pasayishi kabi holatlar paydo bo'ladi. Bunday holatlarda “tuman” effektining tasvirga ta'sirini



kamaytirish uchun tavar vizual sifatini ma'lum parametrlar bo'yicha yaxshilash usullar ishlab chiqilgan. Bunday usullarga kontrastni o'zgartirish (chiziqli kontrastlash), aniqlikni oshirish, ranglarni to'g'rilash, tekislash, chegaralarni belgilash va xalaqitlarni kamaytirish kabilar misol bo'lishi mumkin. Kontrastni chiziqli o'zgartirish harakatsiz tasvir sifatini bir muncha yaxshilashi mumkin lekin, aktiv videokuzatuv tizimlari orqali yozilayotgan video ketma-ketlikda yaxshi samara bermaydi. Tuman kuzatuv sahnasining umumiy ko'rinishini yomonlashtiradi va kuzatuv tizimlari ishonchligini kamaytiradi. Shuning uchun tasvirdagi tuman elementlarini bartaraf etish vazifasi tasvirlarni tahlil qilish va qayta ishlash tizimining muhim masalalaridan hisoblanadi. Bunday algoritmlar ishlab chiqishda asosiy qiyinchilik bu muammoning noaniqligidir. Tuman "tasvir sahna"sidan aks etayotgan nurni susaytiradi va uni atmosfera nurlarining ba'zi qo'shimchalari bilan aralashtiradi. Tuman elementlarini bartaraf etishdan maqsad nurdan aks etayotgan yorug'likni tiklashdir. Ushbu muammoni yechish uchun ikki yondashuv taklif etiladi. Birinchisi, qo'shimcha ma'lumot olish, masalan, bitta sahnaning bir qator tasvirlar seriyasini turli usullar bilan olish. Ammo amalda qo'shimcha ma'lumotlarni olish imkoni doim ham mavjud bo'lavermaydi. Ikkincha yondashuv – oldindan ma'lum bo'lgan ba'zi bilimlar va belgilardan foydalangan holda cheklovlar qo'yish. Ushbu yondashuv nisbatan amaliydir, chunki bunda faqat bitta tasvir talab qilinadi. Mazkur ishda tasvirning yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanalni tahlil qilish orqali ma'lumotlarni bashoratlash taklif etilgan. Tasvirning yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanali bu tumansiz tasvirlarning statistik xususiyati bo'lib, bunda tasvirning aksariyat lokal sohalarida hech bo'lmaganda bitta rangli kanalda past intensiv piksellar mavjud bo'ladi.

Kuzatuv sahnasidan uzoqdagi piksellar intensivligi yaqinda joylashgan peksellarga nisbatan past bo'ladi. Qorong'u piksellar soyalar, yorug'lik intensivligi, ko'rinish geometriyasi va boshqa omillar ta'siri natijasida shakllanadi. Ushbu taxmin har bir piksel uchun cheklovni ta'minlaydi va shu bilan muammoni noaniqligini hal qiladi. Tumanning fizik modelini qurish orqali tasvir sifatini tiklash mumkin. Tumanli havodagi tasvirni ifodalashda quyidagi fizik modelni qo'llash mumkin:

$$I(x, y) = J(x, y)t(x, y) + A(1 - t(x, y))$$

bu yerda  $J(x, y)$  – tuman ta'sir etmagan holatdagi piksel yorqinligi,  $t(x, y)$  – yorug'lik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti (tuman shaffoligi),  $t = 0$  shaffolikni nolga tengligini anglatadi;  $A$  – atmosfera nurlari intensivligi.

Tuman havoda turli zarralarni hosil qiladi, nurlarni yutadi va tarqatadi. Ob'ektdan aks etayotgan nur havodagi zarralar tomonidan qisman so'riladi va natijada susayadi.  $t$  koeffitsiyet – ob'ektdan akslanayotgan yorug'likning dastlabki



va kuzatuvchiga yetib boradigan intensivliklari o'rtasidagi nisbatni ifodalaydi. Meteorologiyada xavoda paydo bo'lgan tuman, chang, tutun qum kabi zarralar ularning material, o'lchamlar, shakli, konsentratsiyasi kabi fizik xususiyatlari bilan farqlanishi mumkin lekin, ularning ko'rinishni tasvirlash jarayoniga ta'siri o'xshashdir. Bunday zarralarni tasvirlash modeli bir xil bo'lib, ularni teng ravishda bartaraf etish imkoniyati mavjud. Tasvirdagi ob'ektlarni farqini yaxshilash uchun tasvirning yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanali foydalaniladi.

Berilgan tasvirni yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanalini olish uchun uni  $15 \times 15$  o'lchamdagi bo'laklarga ajratib, so'ngra har bir piksel va har bir rang kanali uchun quyidagi funksiya hisoblanadi:

$$I_{dark}(x,y) = \min_{C \in \{r,g,b\}} (\min_{(x,y) \in B_i} C(x,y))$$

Shunday qilib, yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanalidan foydalangan holda, eng no-shaffof hududlarni chiqaramiz va atmosfera yorug'ligini baholaymiz. Vizual ravishda yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanali tuman qalinligi taxminiy qiymatini ifodalaydi. Uchala rang komponentlari bo'yicha atmosfera yorug'ligi qiymatlarini olish uchun yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanalning eng yorqin piksellarining dastlabki 0,1 namunalari tanlanadi. Tanlab olingan piksellar atmosfera yorug'ligining intensivlik qiymati sifatida olinadi. Atmosfera yorug'ligi intensivligi tasvirning har bir rang kanali bo'yicha hisoblanadi. Tasvirning qayta tiklangan piksellari intensivlik qiymatlari (tuman ta'sirini hisobga olmaganda) quyidagicha ifodalanadi:

$$I(x,y) - A$$

$$J(x,y) = \max(t(x,y), 0.1) + A$$

Tasvirning yorug'lik intensivligi kam bo'lgan kanalitahlili asosida tuman elementlarini bartaraf etish algoritmi asosida tasvirdagi ob'ektlar o'rtasidagi farqlar oshirilib, tasvir sifati oshirishga erishildi.

### **AHE (Adaptive histogram equalization).**

Ushbu algoritm Gistogramma tekislash algoritming yuqorida sanab o'tilgan kamchiliklarini bartaraf etish uchun ishlab chiqilgan. AHE tasvirni bir nechta qism bo'laklarga bo'ladi va har bir bo'laklar uchun gistogramma hisoblanadi. So'ngra har bir markaziy piksel uchun qo'shni piksel qiymatlarida kummulyativ taqsimot funksiyasidan foydalanib gistogrammani tekislash algoritmi bajariladi. Shu orqali tasvirning har bir bo'laklaridagi yorqinlik qiymatlarini tekislab chiqadi. Bu lokal operatsiya bo'lganligi tufayli, turli kulrang darajaga ega sohalar bir vaqtning o'zida yaxshilanadi. Shu orqali HE da sodir bo'ladigan ba'zi kamchiliklar oldi olinadi. Tasvirni bo'laklarga ajratishda paydo bo'ladigan artefaktlar filtrlarlash yoki interpolatsiya usulidan foydalanib kamaytiriladi.



Biroq ushbu usulning ham bir qancha kamchiliklari mavjud. Bunday kamchiliklar qatoriga algoritmdan foydalanishda bir jinsli fonlarda turli xalaqitlarni paydo bo'lishligi, tasvirning barcha qismi kontrasti birdek yaxshilanishi uchun, tasvirni eng maqbul o'lchamda bo'laklarga ajratishda murakkab hisoblashlar talab qilishligini kabilarni misol sifatida keltirishimiz mumkin.

### **Lokal qarorlar integratsiyasini amalga oshiruvchi neyrotarmoqli integratorni ishlab chiqish.**

Ushbu paragrafda o'quv tanlanmasi cheklangan va klassifikatorlar bir- biriga bog'liq bo'lgan yoki bo'lmagan turli amaliy masalalar uchun mo'ljallangan integratorlarning tavsiflari keltirilgan. Yuzni tanib olish tizimlarining muhim ilovalarida, masalan, xavfsizlikka bog'liq bo'lgan tizimlarda noto'g'ri klassifikatsiya qilishning salbiy oqibatlari juda qimmatga tushishi mumkin. Bunday tizimlarning ishonchliligini oshirish muammosini hal qilish yondashuvlaridan biri turli xil integratsiyalash qoidalari asosida bir nechta klassifikatorlarni birlashtirish hisoblanadi.

### **Xulosa**

Hozirgi kunda tadqiqotchilar tasvir sifatini yaxshilash uchun ko'plab algoritmlarni ishlab chiqmoqdalar. Raqamli tasvirni qayta ishlash jadal rivojlanayotgan ilmiy soha bo'lib, u turli xil axborot va texnik tizimlarda tobora ko'proq foydalanilmoqda: radar, aloqa, televizor va boshqalar. Tasvirga ishlov berishning asosiy afzalliklaridan biri shundaki, bu ma'lumotni qayta ishlashning har qanday shakli bo'lib, ular uchun qayta ishlangan ma'lumotlar rasm, masalan, fotosuratlar yoki video ketma-ketliklar bilan ifodalanadi. Chiziqli tasvirni qayta ishlash algoritmlari, rasmlarni filtrlashning eng keng tarqalgan usullaridan biri ularni chiziqli algoritmlar bilan qayta ishlashdir. Rekursiv tasvirni qayta ishlash algoritmlari eng istiqbolli va tasvirni qayta ishlashda hisoblash xarajatlarini kamaytirish vazifalarida keng qo'llaniladi. Ushbu mezon, ya'ni tasvirni qayta ishlashga sarflangan vaqt (video oqim) real vaqtda ishlaydigan tizimlar uchun juda muhimdir. Shaxsni yuz tasviri asosida biometrik identifikatsiyalash usullari va algoritmlarini tahlil qilish natijalariga ko'ra Abektni tanib olishda xolistik yondashuvlarga nisbatan yoritilganlik va yo'nalish o'zgarishlariga nisbatan invariant hamda tasvirlarda qisman okklyuziyalar mavjud bo'lgandaham foydalanish sezilarli afzalliklarga ega bo'lgan lokal belgilarga asoslangan yondashuvlardan foydalanish maqsadga muvofiqligi asoslandi. Yuz tasvirida yuz komponentalari joylashgan sohalarni yuqori aniqlikda va tezkor ajratishni ta'minlovchi takomillashtirilgan Viola- Djons algoritmi ishlab chiqilgan. Ushbu algoritmning muhim xususiyati parallel ravishda amalga oshiriladigan bir nechta bosqichli klassifikatsiyalashning amalga oshirilishi natijasida



komponentlarni lokalizatsiya qilish aniqligini mavjud algoritmlarga nisbatan sezilarli darajada oshirish imkonini beradi. Yuzning lokal komponentalari tasvirlaridan teksturaviy belgilar to'plamlarini shakllantirish uchun takomillashtirilgan lokal binar shablonlar algoritmi ishlab chiqilgan. Mazkur algoritm tanib olinadigan yuz komponentasi tasvirini ifodalovchi piksellar blokida piksellar intensivligi qiymatlarini nisbatan to'liq hisobga olgan holda, ushbu komponentani tanib olish aniqligini oshishini ta'minlaydi.

### ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Ablameyko S.V., Lagunovskiy D.M. Obrabotka izobrajeniy: texnologiya, metodi, primeneniye: Ucheb. Posobiye. – M.: Amalfey, 2000. – 304 s.
2. Kormanovskiy S.I., Skoryukova Y.G., Melnik O.P. Strukturno–svyaznostnaya model izobrajeniya: videleniye kontura i formirovaniye priznakov // Informatsionnie texnologii i kompyuternaya texnika. – 2010. – № 1. Xashimov A.A., Kaxarov SH.S. Videoketma-ketliklarni indekslash dasturi // “O‘zbekistonda ilmiy-amaliy tadqiqotlar” mavzusidagi ilmiy masofaviy onlayn konferensiyasi. Toshkent. O‘zbekiston. 2020. 22-son. 41-43 b.
3. Kaxarov SH.S. Yuz tasviri maxsus nuqtalari deskriptorlari // “Iqtisodiyot tarmoqlarining innovatsion rivojlanishida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining ahamiyati” Respublika ilmiy-amaliy anjumani, Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti, 4-5 mart 2021 yil. Toshkent. – B. 396-398.
4. Agafonova R.R., Mingalev A.V., Shusharin S.N. Sposobi obrabotki gistogrammi teplovizionnogo izobrajeniya // Injenerniy vestnik Dona, 2019. – № 1(52), 22. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-obrabotki-gistogrammy-teplovizionnogo-izobrazheniya> (data obrasheniya: 23.05.2022).
5. Omprakash P., Yogendra P. S. M., Sanjeev Sh. A Comparative Study of Histogram Equalization Based Image Enhancement Techniques for Brightness Preservation and Contrast Enhancement // Signal & Image Processing: An International Journal (SIPIJ). – Vol. 3. – No. 5. – URL: <https://doi.org/10.5121/sipij.2013.4502>.
6. Girshick R. Fast R-CNN // The IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2015. – URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1503.08083>.







7. Fazilov SH.X., Urinov E.M. Aylanishga invariant yuz tasvirini aniqlashda bosqichma–bosqich sozlash neyron tarmoq modeli // O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining ma’ruzalari. – Toshkent, 2022. – № 2. – B. 24–28.
8. Liu W., Wang Z., Liu X., Zeng N., Liu Y., Alsaadi F.E. A survey of deep neural network architectures and their applications // Neurocomputing. – 2017. – Vol. 233. – P. 11–26.
9. Samal D.I., Starovoytov V.V. Metodika avtomatizirovannogo raspoznavaniya lyudey po fotoportretam // Sifrovaya obrabotka izobrajeniy. – Minsk: In–t texn. kibernetiki NAN Belarusi, 1999. – S. 81–85.
10. Golovko V.A. Neyrointellekt: Teoriya i primeneniY. Kniga 2. Samoorganizatsiya, otkazoustoychivost i primeneniye neyronnix setey. – Brest: BPI, 1999. – 228s.

