

Muxamadiyev Abdivali Shukurovich

VIDEOGA ISHLOV BERISH



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI
UNIVERSITETI

Muxamadiyev Abdivali Shukurovich

VIDEOGA ISHLOV BERISH

O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi
tomonidan 70611802 – "Videotexnologiyalar" mutaxassisligi
magistrlari uchun o'quv qo'llanma sifatida tavsiya etilgan

TOSHKENT
"METODIST NASHRIYOTI"
2024

UDK: 621.397.3(075.8)

BBK: 32.94-5ya7

M 93

Muxamadiyev A.Sh.

Videoga ishlov berish. O'quv qo'llanma. – Toshkent: "METODIST NASHRIYOTI", 2024. – 220 b.

Ushbu o'quv qo'llanmada video oqimidagi tasvirlarni raqamli qayta ishlashning nazariy asoslari keltirilgan. Tasvirming statistik xarakteristikalarini, kolorimetrik tizimlar va ranglarni boshqarish, ko'rish tizimi va tasvirlarni qabul qilish, tasvirlarni raqamlashtirish, tasvirlarni chiziqli va nochiziqli qayta ishlash, tasvirlarni geometrik almashtirishlar, morfologik amallar va ularni tadbiqi, tasvirlarni segmentlash, axborotlarni yo'qotishlarsiz va yo'qotishlar bilan tasvirlarni siqish, hajmiy tasvirlar, virtual reallik va uch o'lchovli skanerlash, raqamli video va televidenie kabilar batafsil ko'rib chiqilgan. Qo'zg'almas tasvirlar va video ketma-ketliklarni qayta ishlash va siqishning an'anaviy usullari bilan birgalikda yangi usullari ham ko'rib chiqilgan.

O'quv qo'llanma 70611802 – "Videotexnologiyalar" mutaxassisligi magistr lari uchun mo'ljallangan. O'quv qo'llanmada keltirilgan materiallardan bakalavr ta'lim yo'nalishi talabalari, magistr l ar, o'qituvchilar va barcha qiziquvchular foydalanishlari mumkin.

Taqrizchilar:

- | | |
|------------------|---|
| Ravshanov N. | Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellektni rivojlantirish ilmiy tadqiqot instituti direktor maslahatchasi, professori, t.f.d. |
| Beknazarova S.S. | Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU, "Audiovizual texnologiyalar" kafedrasi mudiri, t.f.d. |

Muhammad Al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetining 2023-yil 25-apreldagi 439-sonli buyrug'iga asosan nashr etishga ruxsat berilgan.

ISBN 978-9910-03-203-5

© Muxamadiyev A.Sh., 2024.
© "METODIST NASHRIYOTI", 2024.

KIRISH

Ushbu o'quv qo'llanma muallifning Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetida o'qilgan ma'ruzalar kursi va muallif tomonidan oxirgi yillarda amalga oshirilgan ilmiy izlanishlar, olib borilgan ilmiy tadqiqot natijalariga asoslanadi.

Ushbu o'quv qo'llanma shu mavzudagi boshqa kitoblardan asosan tarjima qilingan kitoblardan, uchta xususiyatga ko'ra farq qiladi:

- Materiallarni taqdim qilish axborot oluvchining xususiyatlarini hisobga olgan holda, odatda bu insonning ko'rish tizimi, amalga oshiriladi;
- Bir kontekstda ham ikki o'lchovli va ham uch o'lchovli tasvirlarni qayta ishlash va namoyish qilish hisobga olinadi;
- O'quv qo'llanmada, tasvirlarni qayta ishlashning klassik usullari bilan bir qatorda, yangi usullari ham ko'rib chiqilgan.

1920 yilning boshida birinchi marta tasvirlar raqamli shaklda London va Nyu-York o'rtasidagi suv osti transokean kabeli bo'ylab "Bartleyn" tizimi vositasida uzatilgan, biroq tasvirlarni raqamli qayta ishlash va uzatish usullarining samarali rivojlanishi o'tgan asrning 60-yillariga to'g'ri keladi. Bunga asosiy sabab, shu vaqtga kelib hisoblash texnikalarining tez suratlarda rivojlanishi va undan foydalanishning samarali usullarining yaratilishidir. Bu yangi texnologiyaning birinchi yaratuvchilari va tadqiqotchilari amaliy matematika, dasturlash va aloqa nazariyasi sohasi mutaxassislari bo'lishgan. Agar o'sha vaqtning eng muhim adabiyotlariga, masalan, [17] ga murojaat qilsak, unda masalani taxminan quyidagicha qo'yilganligini ko'rish qeyin bo'lmaydi. Ikki o'zgaruvchining (koordinatalar) tasodifiy funksiyasi sifatida buzilgan tasvir berilgan va uning statistik xarakteristikalarini ma'lum. Qayta tiklangan tasvirni buzilgan tasvir buzilmagan holatidan minimal darajada farqlanuvchi holatga olib keladigan almashtirishni topish talab qilinadi. Farqning mezonligi sifatida tasvirlarning piksellararo farqlarining o'rtacha kvadrati qabul qilinadi.

Tadqiqotning boshlang'ich bosqichidagi o'ta soddada yondashuvda ma'lumot oluvchining xususiyatlari hisobga olinmaydi (odatda bu shaxsning ko'rish tizimi), tomoshabin uchun ishlov berilgan tasvirning xususiyatlari, masalan, tasvirning kontur komponentalari xususiyatlari, ya'ni silliqligi, uzluksizligi va h.k. muhim hisoblanmaydi.

Axborot qabul qiluvchining xususiyatlari va tasvir xarakteristikalarining mavjud emasligi nafaqat vizual kuzatish uchun mo'ljallangan tizimlarda, balki avtomatlashtirilgan kuzatish tizimlarida ham optimal algoritmlarni sintez qilish va qayta ishlashga imkon bermaydi, bu esa tasvirlarni qayta ishlashning samarali algoritmlarini yanada rivojlantirish uchun jiddiy qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi.

Bunday yondashuvdan farqli ravishda ushbu kitobda aniq xususiyatlari bilan xarakterlanuvchi real semantik tasvirlarga tadbiiq qilinadigan materiallar bayon qilingan. Bunda qayta ishlashning maqsadi ko'rish modeli asosida olingan sifat kriteriyasi doirasida tasvirlarni yaxshilash hisoblanadi. Bunday yondashuv tasvirlarni semantik xarakteristikalari, insonning ko'rish tizimi va uning modeli hamda kolorimeriyaning asosiy qoidalarini tavsiflashga bag'ishlangan boblarni kiritishni taqozo etdi.

O'quv qo'llanmada shuningdek, tasvirlarni kompyuter xotirasiga kiritishdan boshlab, ularni qayta ishlash va monitor ekraniga yoki bosib chiqarishgacha bo'lgan bir qator masalalar ko'rib chiqilgan. Tasvirlarni raqamlashtirish masalalariga, siqish masalalariga, chiziqli va nochiziqli qayta ishlash, geometrik buzilishlarni to'g'rilash hamda uch o'lchovli tasvirlar masalalariga ham e'tibor qaratilgan.

Qo'llanmada tasvirlarni raqamli, asosan kompyuterli qayta ishlashning nazariy asoslari tizimli ravishda ularning eng mashhur grafik muharrirlarda amaliy qo'llanilishlari bilan keltirilgan. Mavzuga bunday yondashish grafik muharrirlarda qo'llaniladigan raqamli tasvirni qayta ishlashning mavjud usullaridan ongli ravishda foydalanishigagina emas, balki yangilarini yaratishga, shuningdek, ushbu sohada malakali mutaxassislarni tayyorlashga imkon beradi. Bundan tashqari, qo'llanmadada uch o'lchamli ob'ektlarni skanerlash orqali 3D tasvirlarni olish usullari, shuningdek ularni qayta ishlash usullari keltirilgan. Ko'rib chiqilayotgan usullarni raqamli video va virtual reallik tizimlarida amaliy qo'llashga katta e'tibor beriladi. Bu, ayniqsa, so'nggi paytlarda 3D kino va televideniye qiziqish sezilarli darajada oshayotgan bugungi kunda juda dolzarbdir.

Va nihoyat, ushbu qo'llanmada tasvirni qayta ishlashning so'nggi paytlarda ishlab chiqilgan samarali usullari ham keltirilgan, masalan

- ko'rish tizimining xususiyatlaridan kelib chiqqan holda adaptiv filtrlash orqali tasvirdagi qo'shimcha Gauss shovqinini kamaytirish

usullari;

- yorqinlikning katta dinamik diapazoniga ega bo'lgan sahnalarni suratga olish va namoyish qilish usullari;

- Bayer matritsalaridan foydalanishda qo'llaniladigan interpolyatsiya usullari;

- tasvirlar kattalashtirilganda chegaralar zinapoyaligini yo'q qilishga qaratilgan interpolyatsiya usullari, hamda boshqalar.

O'quv qo'llanma tasvirlarni qayta ishlash sohasida faoliyat yurituvchi mutaxassislar, doktorantlar, magistrlar va bakalavriat ta'lim yo'nalishi talabalari uchun mo'ljallangan.

Muallif ushbu qo'llanmani muhokama qilishda, qo'lyozmani tahrirlashda va nashrga tayyorlashda yordam bergan audiovizual texnologiyalar kafedrasining professor-o'qituvchilariga hamda o'quv qo'llanmani nashr qilishda qo'llab quvvatlagan Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti rahbariyatiga o'z minnatdorligini bildiradi.

1-bob Tasvirlar va shovqinlar

1.1. Real olam ob'ektlari va ularning xususiyatlari

Ko'rish orqali bizni o'rab turgan olam obrazini qabul qilamiz. Bu olam uch o'lchovli va u uch o'lchovli ob'ektlardan tashkil topgan. Har bir ob'ekt uni o'rab turgan fazodan ajratib turuvchi qobiqqa (sirt) ega. Har bir ob'ektning qobig'i uni aks ettiruvchi xarakteristikalariga, shaffoflik xususiyati va nur qaytarish xususiyatiga ega. Bizni o'rab turgan ob'ektlarni ko'rishimiz va kuzatishimiz uchun, agar ular nur taratuvchi bo'lmasalar, ular yoritilgan bo'lishi kerak.

Kuzatish jarayonida qaralayotgan ob'ektdan yorug'lik ko'z pardaga tushadi va u yerda qaralayotgan ob'ektning markaziy proeksiyasini ifodalovchi tasvirni shakllantiradi. To'r parda sirti bo'yicha ko'rinuvchi tasvirni shakllantiradi. To'r parda sirti taqsimoti aks ettiruvchi xarakteristikalar, shaffoflik xarakteristikalar va ob'ektlarning sirtlarini nur qaytarish xarakteristikalar, ularning kuzatuv nuqtasiga nisbatan joylashuviga, yoritish manbasining spektral xarakteristikalariga hamda kuzatilayotgan ob'ektga nisbatan yoritish manbalarining holatiga bog'liq holda aniqlanadi.

Kuzatuvchining holati, yoritish manbaining holati va yoritish manbaining spektral xarakteristikalarining o'zgarish chegarasi juda keng, shuning uchun ko'zning to'r pardasiga bitta ob'ektning cheksiz ko'p miqdordagi proeksiyalari mos kelishi mumkin.

To'r pardada shakllanadigan tasvirlarda ob'ektlarning eng turg'un alomatlarini ularning konturlari hisoblanadi, chunki konturlar ob'ekt qobig'ining proeksiyasini ifodalaydi va bu proeksiyalar yorilish sharoitlariga bog'liq bo'lmaydi. Shuning uchun ham kontur yoki siluet rasmdan tasvirlanayotgan ob'ektni yengil ajratish mumkin bo'ladi [12, 14].

Uch o'lchovli sahnani ko'z atishda ko'rish tizimi bosh miya qobog'iga uning uch o'lchovli ifodasini shakllantiradi. Bu sahnani tashkil qilgan har xil ob'ektlarni manipulyatsiya qilishligimiz, fazoda harakatlanilganda ular bilan to'qnashuv bo'lmasigi, hamda ularni har xil burchaklarda kuzatganda ularni tanib olish uchun zarur bo'ladi [25].

Ta'kidlash lozimki, sahnani tashkil qiluvchi ob'ektlarni hajmiy ko'rinishini ko'rish tizimida shakllantirish uchun binokulyar

ko'rishning bo'lishi shart bo'lmaydi. Kuzatilayotgan sahanani binokulyar ko'rish imkoniyatiga ega bo'lmagan odamlar, hattoki binokulyar ko'rish imkoniyati bo'lmagan qushlar va jonzorlar ham uch o'lchovli ob'ektlarni hajmiy tasavvurini shakllantirish imkoniyatiga ega. Ko'rish tizimida notanish uch o'lchamli ob'ektning uch o'lchovli tasvirini shakllantirishda u haqidagi yagona ma'lumot manbai ko'zning to'r pardasidagi ularning ikki o'lchovli proeksiyalari bo'lganligi sababli, bu proeksiyalar bilan yonma-yon har xil ko'rish burchagidagi proeksiyalarni ham qo'yish kerak.

Aytilganlardan kelib chiqadiki, masalan, fotosuratlarda tasvirlangan sahnalarni kuzatishda ko'zning to'r pardasida tasvirlangan bevosita sahnalarni kuzatish natijasida yaratilgan proeksiyalarga o'xshash proeksiyalar yaratiladi, buning natijasida yaratilgan taassurot reallikka yaqin bo'ladi. Ayniqsa tasviriy san'atning rangtasvir, fotografiya, kino kabi turlari bunga asoslanadi.

Agar tomoshabinga kuzatish uchun sahnaning uch o'lchovli tasviri taklif etilsa, voqelik taassurotlari yanada kuchayadi, chunki bu holda tomoshabinda uni hayotdagi kabi turli xil ko'rish burchaklaridan ko'rish imkoniyati paydo bo'ladi. Hozirda rivojlanayotgan yangi texnologiyalar – virtual reallik texnologiyalari asosida uch o'lchamli tasvirlar yotadi.

1.2. Saxna va uni tashkil qilgan ob'ektlar tasvirlarining ikki o'lchovli rastr modellari

Kompyuter grafikasida ikki o'lchovli tasvirlarning rastrli va vektorli modellaridan foydalaniladi [16]. Rastr modeli asosida *rastr* — piksellar matritsasi yotadi. Tasviriy misol sifatida, 1.1-rasmda, chiziqli o'lchamlari ikkala yo'nalishda ham bir xil bo'lgan piksellarning ortogonal joylashuviga ega rastr tasvirining fragmentini ko'rsatadi. Ortogonal piksellar rastrdan tashqari, boshqa rastrlar ham qo'llanilishi mumkin, masalan, piksellarning shaxmat joylashuvili rasterlar, piksellarning diagonal joylashuvili rastr, lekin ular kamdan-kam hollarda bo'ladi [2,22].



1.1-rasm. Rastrli tasvir

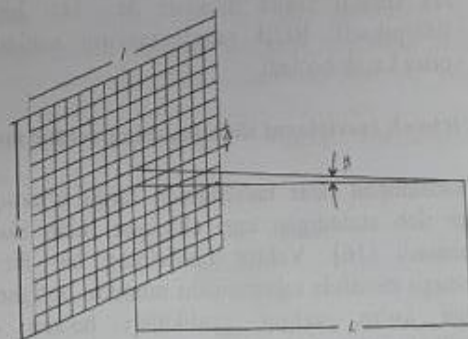
Rastr tasvir o'lchamlari ("razresheniya"si) bilan tavsiflanadi, bu uzunlik birligiga to'g'ri keladigan piksellar sonidir. Uzunlik birligiga qancha piksel ko'p bo'lsa, o'lcham shunchalik yuqori bo'ladi va tasvirda mayda detallarni ham qayd etish mumkin bo'ladi. Tasvirni kompyuterda qayta ishlash uchun uni raqamli shaklda taqdim etiladi. Kulrang oq-qora rangda, ya'ni rangli bo'lmagan tasvir holatida bu har bir pikselning intensivligi (yorqinligi) odatda 0 dan 255 gacha bo'lgan oraliqdagi son bilan ifodalanishini anglatadi. Boshqacha qilib aytganda, kulrang oq-qora rangli tasvir odatda 8 bitli ikkilik raqamlardan iborat bo'lgan ikki o'lchovli matritsa ko'rinishida taqdim etiladi. Rangli tasvirni raqamli shaklda taqdim qilish uchun har biri odatda 8 bitli (ayrim hollarda 16 bitli) ikkilik raqamlardan iborat uchta matritsadan foydalanilgan. Shu bilan birga, ushbu matritsalarining har birining elementlari pikselning qizil, yashil va ko'k rangli komponentlarining intensivligini ifodalaydi, chunki rastrdagi har bir pikselning rangi, rassomning palitrasidagi kabi, qizil, yashil va ko'k ranglarni aralashtirish orqali sintezlanadi.

Tasvir o'lchamini tanlashda, tasvir tomoshabinga uzluksiz ko'rinadi, ya'ni tomoshabin tasvirda rastr tuzilmasini ko'rmaydi deb taxmin qilinadi. Shu maqsadda tasvirdagi uzunlik birligi uchun piksellar soni ko'rish keskinligi (ravshanligi) asosida tanlanadi. Ma'lumki, orasidagi burchak masofasi bir yoy daqiqasidan kam bo'lgan ikkita ob'ektni kuzatishda ular bitta ob'ektga birlashadilar. Bundan kelib chiqadiki, rastr strukturasi ko'rinmasligi uchun uni tashkil etuvchi piksellar orasidagi burchak masofasi β bir yoy minutidan kam yoki hech bo'lmagan hollarda unga teng bo'lishi kerak. Raster ko'rsatilgan 1.2-rasmda yuqoridagilar tushuntirilgan.

β burchak kuzatish masofasiga bog'liq bo'lganligi uchun piksellar markazlari orasidagi chiziqli masofa Δ (tasvirni fazoviy diskretlash

qadami) ham bu burchakka bog'liq bo'ladi. Ma'lum geometrik munosabatni yozib $\Delta/L = \text{tg } \beta$, quyidagi munosabatga ega bo'lamiz $\Delta = L \text{tg } \beta$, bunda N rastrni tashkil qilgan umumiy piksellar soni bo'lib, $N = h^2/\Delta^2$ ga teng bo'ladi, Δ ning qiymati qo'yilgandan so'ng, $N = h^2/(L \text{tg } \beta)^2$ bo'ladi. Bir minutda tg ning qiymati $2,909 \cdot 10^{-4}$ ekanligini hisobga olib quyidagini olamiz

$$N = \frac{11817146h^2}{L^2} \quad (1.1)$$



1.2-rasm. Tiniqlikni aniqlash

Tasvirda qatorlar soni z esa quyidagiga teng bo'ladi

$$z = \frac{3437h}{L^2}$$

(1.1) ifodadan kelib chiqadiki, tasvir rastrni tashkil etuvchi piksellarning minimal talab qilinadigan soni nafaqat uning o'lchami, balki ko'p darajada tasvirni kuzatish shartlari, ya'ni kuzatuv olib boriladigan masofa bilan ham belgilanadi. Televideniya kuzatish masofasi $L \cong (5..6)h$ ga teng deb qabul qilinadi. Televizion standartga ko'ra tasvir kengligining uning balandligiga nisbati l/h ni $4/3$ ga yaqin olinganligini hisobga olsak, yuqoridagi hisob-kitoblarga muvofiq televizor tasviridagi chiziqlar soni $z \cong 574..689$ bo'lishi kerak, bu

standart [19] bo'yicha qabul qilingan 625 qiymatiga yaqin. Kompyuter displeylariga nisbatan ham muammo xuddi shunday tarzda hal qilinadi, ammo monitor ekranidagi tasvirni kuzatishning o'ziga xos xususiyatlari hisobga olinadi.

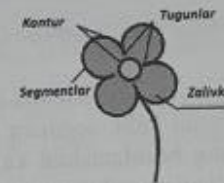
Rasmdagi rastr elementlarning soni yorqinlikni ifodalaydigan (rangli tasvirda qizil, yashil va ko'k ranglarning intensivligini ifodalaydigan) ikkilik kodning bit chuqurligi bilan bir qatorda tasvirni saqlash uchun talab qilinadigan xotira hajmini aniqlaydi. Oq-qora rangli (kulrang rang) yarim tonli tasvir bo'lsa, xotiraning kerakli miqdori $M = 8N$ bit, RGB (True Color) rejimidan foydalanilgan rangli tasvirda esa kerakli xotira miqdori $M = 24N$ bit bo'ladi. Masalan, 1000×1000 piksellli RGB rangli tasvirni saqlash uchun taxminan 3 MB xotira kerak bo'ladi.

1.3. Ikki o'lchovli tasvirlarni ifodalashning vektor modeli

Piksellarga asoslangan rastr tasvirlardan farqli o'laroq, vektor tasvirlar *vektorlar* deb ataladigan egri chiziqlar bilan ifodalangan konturlarga asoslanadi [16]. Vektor tasvirining har bir konturi boshqalardan mustaqil ravishda tahrirlanishi mumkin bo'lgan alohida ob'ektdir. Shunga ko'ra, vektor grafikolari ba'zan ob'ektga yo'naltirilgan grafikalar deb ham ataladi. Vektorli tasvir fayllari konturlarni qurish uchun ishlatiladigan formulalarga asoslangan ko'rsatmalar to'plamini o'z ichiga oladi. Konturlarning shakli ushbu ko'rsatmalar bilan o'rnatilganligi sababli, vektor tasvirini namoyish qilishning aniqligi, uning ravshanligi faqat namoyish qiluvchi qurilmaning (printer, displey ekрани va boshqalar) o'lchamlari bilan belgilanadi. Shu sababli vektor tasvirni sifatni yo'qotmasdan cheksiz kattalashtirish mumkin, rastri tasvirlarda esa jiddiy muammolarga duch kelamiz. Vektorli tasvirlarning yana bir afzalligi - ularni saqlashning ixchamligi. Darhaqiqat, to'g'ri chiziq kesmasining tasvirini vektor formatida saqlash uchun uning boshi va oxirini belgilovchi koordinatalarni, shuningdek rang va qalinlik ma'lumotlarini saqlash kerak. Buning uchun esa faqat bir necha bayt talab qilinadi. Xuddi shu kesmaning tasvirini rastr rejimida saqlash uchun juda katta hajmdagi ma'lumotlar talab qilinadi, chunki segmentni tashkil etuvchi ko'plab piksellarning har birining rangini saqlash kerak bo'ladi. Bundan kelib chiqadiki, vektor formati odatda rastr formatiga qaraganda ixchamroq

bo'ladi, garchi murakkab chizmalarda vektor tasvirining bayt hajmi rastr formatidagi xuddi shunday chizmalarning bayt hajmidan oshib ketishi mumkin. Vektorli tasvirni rastr formatiga osongina eksport qilish mumkin, lekin aksincha emas. Biroq vektorli grafikalar yarim tonli rangli tasvirlarni, masalan, fotosuratlarini saqlash uchun yaroqli emas.

Vektorli tasvir ob'ektlardan tashkil topgan. Har bir ob'ekt bir yoki bir nechta konturdan iborat. Konturlar yopiq yoki ochiq bo'lishi mumkin, ya'ni yopiq emas. Yopiq konturga aylana, ochiq konturga misol qilib chiziq bo'lagi misol bo'la oladi. Yopiq konturlar quyma (zalivka) bilan to'ldirilishi mumkin. O'z navbatida, har bir kontur, murakkabligiga qarab, tugunlar (tayanch nuqtalari) bilan tugaydigan tekis yoki egri chiziqlar segmentlari bo'lgan bir yoki bir nechta segmentlardan iborat bo'lishi mumkin. Tugunlar konturda segmentning holatini aniqlaydi. 1.3-rasmda vektor tasvirning elementlari ko'rsatilgan.



1.3-rasm. Ikki o'lchovli tasvirlarning taqdim qilishning vektor modeli

Vektorli grafikaning matematik asoslarini qisqacha ko'rib chiqaylik. Vektorli grafikada nuqtaga tugun mos keladi.

Vektor grafikasida to'g'ri chiziq kesmasini ifodalash uchun quyidagi tenglamadan foydalaniladi

$$y = ax + b,$$

bu yerda x va y - dekart koordinatalar, a va b - o'zgarmas sonlar. Bulardan tashqari kesmaning boshi va oxiri x_1 va x_2 bilan beriladi.

Ikkinchi tartibli egri chiziqlar - aylana, ellips, parabola va giperbolalarni ifodalash uchun ikkinchi tartibli egri chiziq

tenglamasidan foydalaniladi

$$x^2 + a_1 y^2 + a_2 xy + a_3 x + a_4 y + a_5 = 0,$$

bu yerda a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 lar o'zgarmas koeffitsientlar. Segment chiziqning qismini ifodalaydi, bu holda egri chiziqning qismini, shuning uchun uning boshlanishini va oxirini aniqlovchi koordinatalarni berish zarur bo'ladi, misol uchun x_1 va x_2 . Vektor grafikasidagi bu egri chiziqlar asosiy primitiv elementlarni, xususan, ellips va aylanalarni qurish uchun ishlatiladi. Ushbu egri chiziqlarning o'ziga xos xususiyati shundaki, ularda burilish nuqtalari yo'q.

Ikkinchi tartibli egri chiziqlardan farqli o'laroq, uchinchi tartibli egri chiziqlar burilish nuqtalariga ega bo'lishi mumkin, bu esa ulardan turli xil tabiiy ob'ektlarni vektor shaklida tasvirlash uchun foydalanish imkonini beradi. Uchinchi tartibli egri chiziqlarni ifodalash uchun ishlatiladigan tenglama quyidagi ko'rinishga ega

$$x^3 + a_1 y^3 + a_2 x^2 y + a_3 x y^2 + a_4 x^2 + a_5 y^2 + a_6 xy + a_7 x + a_8 y + a_9 = 0,$$

bu yerda $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7, a_8, a_9$ lar o'zgarmas koeffitsientlar. Yuqorida bo'lgani kabi, segment chiziqning qismini ifodalaydi, shuning uchun uning boshlanishini va oxirini aniqlovchi koordinatalarni berish zarur bo'ladi, misol uchun x_1 va x_2 .

Uchinchi tartibli Bezer egri chiziqlari vektor grafikasida keng qo'llaniladi. Ushbu egri chiziqlarning o'ziga xos xususiyati shundaki, ular nafaqat tasvir tekisligidagi tugunlarning holatini, balki bu nuqtalarda chiziqning birinchi hosilasi (qiyalik burchagi) va uning ikkinchi hosilasi (egrilik) qiymatlarini ham qulay boshqarishga imkon beradi. Bu, xususan, ulanish nuqtalarida hech qanday sinishlarsiz alohida segmentlarni ulash va shu bilan Bezer egri chiziqlari segmentlari bilan har qanday murakkablikdagi konturlarni approssimatsiyalash imkonini beradi.

1.4. Tasvirning ko'rinishlari

Statsionar axromatik tasvir - bu tekislikda L_c yorqinligi taqsimotini tasviflovchi funksiya, ya'ni $L_c(x, y)$, bu yerda x, y dekart koordinatalari.

Axromatik harakatlanuvchi tasvirni ifodalash uchun bu yozilgan ifodaga yana bitta mustaqil o'zgaruvchi - vaqt t qo'shiladi va ifoda $L_c(x, y, t)$ ko'rinishini oladi. Tabiiy sahnalarning biror bir sirtga, masalan, televizor signallar datchigining yorug'likka sezgir yuzasiga optik proeksiyasi natijasida olingan rangli tasvirlari mustaqil o'zgaruvchilari tarkibida yorug'lik nurlanishining to'lqin uzunligi λ ham qatnashadi. Bunda rangli harakatsiz tasvir uchun $L_c(x, y, \lambda)$ va harakatlanuvchi tasvir uchun esa $L_c(x, y, \lambda, t)$ ga ega bo'lamiz, bunda L_c ni x, y koordinatali nuqtada t vaqtdagi λ to'lqin uzunligidagi nurlanish intensivligi sifatida qabul qilinishi kerak. Xuddi shunday, yana bitta fazoviy z koordinatasini qo'shish orqali "hajmli" tasvirlarning tavsifiga o'tish mumkin.

Biroq, tasvirlarni uzatish, saqlash va namoyish qilishning zamonaviy texnikasi ularning bir qator komponentlar shaklida taqdim etilishiga asoslanadi. Masalan, televizor ekranida yoki kompyuter monitori ekranida ko'rsatish uchun mo'ljallangan rangli tasvir 3 ta rangdan ajratilgan tasvir sifatida taqdim etiladi: qizil, yashil va ko'k. Chop etishda esa tasvirdagi ranglarni ajratish soni ko'p bo'lishi mumkin. Xuddi shunday, harakatlanuvchi tasvirlar bilan ham o'xshash holat bo'ladi, ya'ni ular, harakatsiz, tezda bir-birini almashtiruvchi tasvirlar ketma-ketligi bilan ifodalanadi, ularning har biri tegishli harakat bosqichiga ega. Ushbu tasvirlarning tez o'zgarishi harakat illyuziyasini yaratadi.

Umuman olganda, haqiqiy rangli harakatlanuvchi tasvirlarni aks ettiruvchi harakatsiz ranglar bilan ajratilgan tasvirlar ketma-ketligi bitta ajoyib xususiyatga ega - ularning barchasi juda o'xshash xususiyatlar bilan tavsiflanadi. Bu xususiyat kelajakda harakatsiz axromatik tasvirlarni qayta ishlash xususiyatlari va usullarini ko'rib chiqishga, olingan natijalarni rangli tasvirlarga kengaytirishga va faqat zarur hollarda ushbu doiradan tashqariga chiqishga imkon beradi.

Ta'kidlash kerakki, tasvirlarni odatda ikkita sinfga bo'lishga kelishilgan: semantik, ya'ni ma'noviy va tekstura. Ushbu tasvirlarning misollari mos ravishda 1.4 va 1.5 rasmlarda keltirilgan.



1.4-rasm. Semantik tasvir misoli



1.5-rasm. Tekstura tasviri misoli

Uzoq evolyutsiya jarayonida insonning ko'rish tizimi ko'z qorachig'i tomonidan ko'z to'r pardasiga proektsiyalangan yorqinlikning ixtiyoriylik bilan taqsimlanishini emas, balki faqat tashqi olam ob'ektlari tomonidan yaratilganlarni aniqlash, tanib olish va tasniflash uchun moslashdi. 1.5, a rasmda keltirilgan shovqin maydoni fonida 1.5, b rasmda ko'rsatilgan shovqin naqshini ("shovqin ob'ekti") aniqlashga harakat qilsak, buni osongina ko'rish mumkin. Bu muammo har ikkala tasvirni elementlararo solishtirish orqali qiyinchilik bilan hal qilinadi, holbuki, 1.4 rasmda har qanday ob'ekt osongina va tez topiladi.

Ko'rishning qayd etilgan xususiyati tabiatda kamuflyaj maqsadlarida keng qo'llaniladi. Shunday qilib, masalan, yo'lbarsning terisidagi tartibsiz shakldagi chiziqlar chakalakzorlarda ularni farqlashni qiyinlashtiradi.

Haqiqiy ob'ektlar tasvirlarining xarakterli xususiyati shundaki, ular ma'lum miqdordagi keskin yorug'lik chegaralari bilan ajratilgan maydonlardan iborat bo'lib, ular ichida yorqinligi va rangi nisbatan sekin o'zgaradi. Bu yorug'lik chegaralari (konturlari) ob'ektning shaklini bildiradi va uni aniqlash uchun asos bo'ladi. Tajribadan ma'lumki, konturlardagi ma'lumotlar, odatda ob'ektni shubhasiz tanib olish uchun yetarli bo'ladi. Shunday qilib, masalan, kontur chizmasidan tanish odamning yuzini osongina taniy olamiz.

Fure integral almashtirishi natijasida olingan real ob'ektlar tasvirlarining tuzilishi va ularning fazoviy spektrlari o'rtasidagi bog'liqlikni topamiz. Shu maqsadda x oqiga perpendikulyar yo'naltirilgan, yorug'lik chegarasining keskinligi bo'yicha uchta har xil spektrlarini ko'rib chiqamiz. Bu holda tasvirlarning yorqinligi y koordinataga bog'liq emasligi sababli, muammoni uni bir o'lchovlga keltirish orqali juda soddalashtirish mumkin. 1.6-rasmda x koordinatasidagi chegaradagi yorqinlikning o'zgarishining uch xil bog'liqligi ko'rsatildi, ular quyidagi ifodalar bilan tavsiflanadi

$$L_1(x) = \begin{cases} 0 & \text{agar } x \leq x_0 \\ L & \text{agar } x > x_0 \end{cases}$$

$$L_2(x) = \begin{cases} \frac{L}{2} - \frac{L}{2} \exp[\alpha(x-x_0)] & \text{agar } x \leq x_0 \\ \frac{L}{2} + \frac{L}{2} \exp[-\alpha(x-x_0)] & \text{agar } x > x_0 \end{cases}$$

$$L_3(x) = \begin{cases} \frac{L}{2} \exp[\alpha(x-x_0)] & \text{agar } x \leq x_0 \\ L - \frac{L}{2} \exp[-\alpha(x-x_0)] & \text{agar } x > x_0 \end{cases}$$

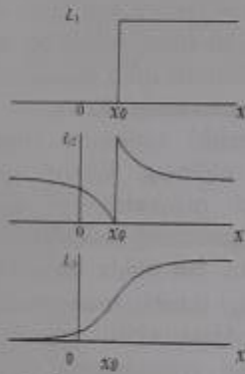
$L(x, y)$ funksiya spektrlarini aniqlab, almashtirishlar natijasida quyidagilarni olamiz

$$M_1(\omega_x) = (L/\omega_x) \exp[-i(\pi/2 + \omega_x x_0)],$$

$$M_2(\omega_x) = L\pi\delta(\omega_x) + [(L\omega_x)/(\alpha^2 + \omega_x^2)] \exp[-i(\pi/2 + \omega_x x_0)],$$

$$M_3(\omega_x) = [(L\alpha^2)/(\omega_x(\alpha^2 + \omega_x^2))] \exp[-i(\pi/2 + \omega_x x_0)],$$

bu yerda ω_x - aylanma fazoviy chastota, $i = \sqrt{-1}$.

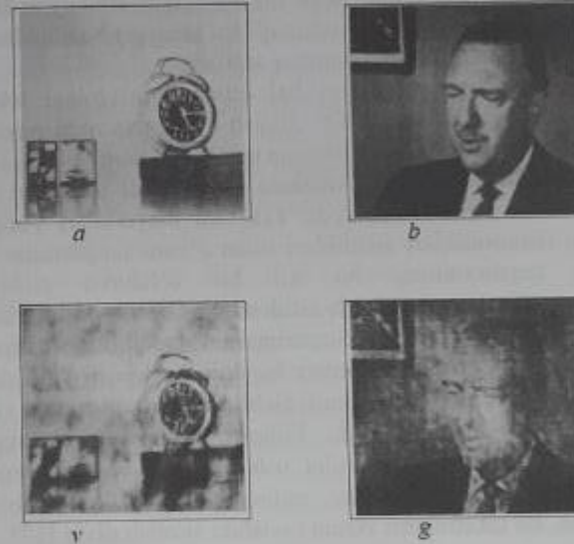


1.6-rasm. Yorug'lik chegaralarida yorqinlik taqsimotiga misollar

E'tiborni tortadigan birinchi narsa - barcha uchta chegara uchun ham faza spektrlarining aynan o'xshashligidir. Yorug'lik chegarasining mavjudligi va joylashuvi haqidagi ma'lumotlar faza spektrida mavjudligini ko'rish mumkin. Amplituda spektri chegaraning joylashuvi haqida ma'lumotni o'z ichiga olmaydi, lekin u tasvirning aniqligi haqida ma'lumotni o'z ichiga oladi [10]. Tasvirlar bilan ishlash tajribasidan ma'lumki, tasvir sezilarli chiziqli va chiziqli bo'lmagan buzilishlarga duchor bo'lishi mumkin, ammo agar fazalar spektrining buzilishlari kichik bo'lsa, ular mavjud yorug'lik chegaralarini yo'qolishiga yoki yangi yorug'lik chegaralarining paydo bo'lishiga olib kelmaydi va tasvir osongina tanib olinadi. Bunday buzilishlarga tasvir aniqligini yo'qotishga olib keluvchi integrallash, tasvir chegarasini ajratib ko'rsatishga olib keluvchi differensiyalash, tasvir kontrastligini o'zgarishiga olib keluvchi $u = f(v)$ ko'rinishli elementlararo almashtirish (bu yerda $f(v)$ - monoton funksiya) kabilar kiradi. Agar

tasvirni almashtirish natijasida uning faza spektri sezilarli darajada buzilgan bo'lsa, unda tasvirlangan ob'ektni tanib olish yo'qolishi mumkin.

Buning yaqqol misoli - katta dispersiyaga ega bo'lgan fluktuatsion shovqini ta'sirida tasvirni farqlashning yo'qolishini keltirish mumkin. Bunday ta'sir natijasida shovqinli amalga oshirishning chastota komponentlari fazasini taqsimlanish ehtimolining zichligi $[0..2\pi]$ oralig'ida bir xilga yaqinlashadi, bu esa tasvirdagi yorug'lik chegaralarining to'liq xiralashishiga olib keladi.



1.7-rasm. Berilgan (a), (b) va sintezlangan (v), (g) tasvirlar.

Yuqoridagi mulohazalarning eng ishonchli dalili bu "chalkash" amplituda va faza spektrlari bo'yicha tasvirlarni qayta tiklash tajribasidir [15]. Tajriba shundan iborat ediki, rasmda ko'rsatilgan 1.7-rasm, a va b tasvirlar uchun, amplituda va faza spektrlari topildi, ularga ko'ra yangi spektrlar quyidagicha tuzildi:

$$M_s(\omega_x, \omega_y) = |M_s(\omega_x, \omega_y)| \exp[-i\varphi_s(\omega_x, \omega_y)].$$

$$M_r(\omega_x, \omega_y) = |M_s(\omega_x, \omega_y)| \exp[-i\varphi_s(\omega_x, \omega_y)],$$

shundan so'ng $M_s(\omega_x, \omega_y)$ va $M_r(\omega_x, \omega_y)$ spektrlar bo'yicha 1.7-rasm, v va g lardagi tasvirlar sintezlandi. Rasmdan ko'rinib turibdiki, amplitudali spektrlarni almashtirish ("chalkashlik") faqat tasvirlarda ularning farqlanishini yo'qotmagan holda biroz shovqinga olib keldi.

Yuqorida aytilganlarga asoslanib, shunday xulosaga kelish mumkinki, tasvirlarni uzatish va saqlash jarayonida fazalar spektrini uzatishning aniqligiga alohida e'tibor berilishi kerak. Televideniya bu xulosaga ancha vaqt oldin, faqat tajriba orqali erishilgan bo'lib, amplituda-chastota va amplituda (chiziqli bo'lmagan) buzilishlar faza chastotasiga qaraganda tasvirda kamroq seziladi.

Bir qator amaliy masalalarni hal qilishda tasvirdagi tekstura maydonlari orasidagi farqni ko'rib chiqish kerak. So'nggi paytlarda Yerni masofadan zondlash orqali olingan tasvirlarni tahlil qilishga katta e'tibor qaratilmoqda, bu yerda tekstura maydonlari orasidagi farq masalasi yetakchi o'rinni egallaydi. Tekstura maydonlari yorqinlik taqsimotining ehtimolliklari zichliklari bilan o'zaro farqlansalar yoki ehtimolliklar taqsimotining bir xil bir o'lchovli zichligida avtokorrelyatsiya funksiyalarida har xillik mavjud bo'lsa inson tekstura maydonlarini farqlay olishligi eksperimental tadqiqotlar natijasida aniqlangan. Agar tekstura maydonlari faqatgina uchinchi yoki undan yuqori darajadagi ehtimollik taqsimoti zichligida farq qilsa, ular vizual ravishda farqlanmaydi. Bu qoida Yulsh gipotezasi deb ataladi. Keyinchalik, bir qator tadqiqotchilar ushbu gipotezaga zid bo'lgan teksturalarning misollarini topdilar, ammo tadqiqotchilarning o'zlari ta'kidlaganidek, bu teksturalarni vizual ravishda ajratish qiyin [17].

1.5. Tasvir modellari

Raqamli tasvirni qayta ishlash nazariyasida hal qilinayotgan muammoga qarab turli xil tasvir modellari qo'llaniladi. Tasvir modeli deganda, ko'rib chiqilayotgan tasvirlar sinfi aproksimatsiyalanadigan tekislikdagi yorqinlikning taqsimlanishini tavsiflovchi xususiyatlar to'plami tushuniladi. Model real tasvirlarga yetarlicha yaqinlikni qarama-qarshi talablariga javob berishi va nazariy tahlilning soddaligi bo'lishi kerak. Modelni tanlashda undan foydalanishda olinadigan

natijalarning umumiylik darajasi ham muhim ahamiyatga ega. Talablarning qaysi biri muhimroq bo'lishiga qarab, turli darajadagi murakkablikdagi u yoki bu tasvir modeli qo'llaniladi. Misol sifatida tasvirni chiziqli bo'lmagan qayta ishlash algoritmlarini sintez qilishda ishlatiladigan modellardan birini taqdim etamiz:

$$L_c(x, y) = kE(x, y)r_c(x, y),$$

bu yerda $r_c(x, y)$ - (x, y) koordinatali tasvir signalini datchikning yorug'likka sezgir sirtiga proektsiyasiga mos keluvchi sahnaning har xil qismlarining aks ettirish koeffitsientlari; $E(x, y)$ - sahnaning har xil qismlarining yoritilganligi; k - o'lchamni kelishish koeffitsienti. $r_c(x, y)$ va $E(x, y)$ funksiyalarning muhim xossalari quyidagilar hisoblanadi. Akslantirish koeffitsienti $r_c(x, y)$ - bu funksiya konturda yuzaga keluvchi keskin o'zgarishlar mavjudligini xarakterlaydi, bu vaqtda $E(x, y)$ asosan (x, y) koordinataning juda sekin o'zgaruvchi funksiyasi hisoblanadi. Shu tufayli $r_c(x, y)$ spekt keng polosali, $E(x, y)$ funksiya spektri esa tor polosali hisoblanadi, hamda tasvir sifatini yaxshilash maqsadida uni gomomorf filtrlashda ishlatiladi. $r_c(x, y)$ va $E(x, y)$ funksiyalarning boshqa muhim xususiyati ularning musbatligi hisoblanadi, bu esa $L_c(x, y)$ ning musbatligini ta'minlaydi. $L_c(x, y)$ ning musbatlik xususiyati qayta ishlashning mumkin bo'lgan algoritmlarini tanlashga katta cheklov yuklaydi, chunki qayta ishlash natijasi - qayta ishlangan tasvir - musbat funksiya bo'lishi shart, sababi, yorqinlikning manfiy qiymatini fizik amalga oshirib bo'lmaydi. Keyinchalik tasvirlarning boshqa modellari bilan ham tanishamiz.

Tasvirning yaxshi modeli tasvirni qayta ishlashning samarali algoritmlarini sintez qilish uchun ishonchli asosdir va aksincha, yomon modellar ko'pincha bunday algoritmlarni ishlab chiqishda muvaffaqiyatsizlikka sabab bo'lgan.

1.6. Tasvirlarning fazoviy spektrlari

Tasvir chiziqli buzilishlarini tahlil qilishda, shuningdek, reproduksiyadagi ob'ektlar tasvirlarini aniqlash va tanib olish bilan bog'liq muammolarni hal qilishda tasvir spektrlari tushunchasi va "eng

yaxshi" qoplashda ularning juftlik ayirmalarini ishlatish juda foydali. Tasvirlarni "eng yaxshi qoplash" deganda shunday qoplash tushiniladiki, ularning nuqtalar bo'ylab ayirmasi kvadrati $[L_i(x, y, t) - L_j(x, y, f)]^2$ minimumga erishadi, bu yerda $L_i(x, y, t)$, $L_j(x, y, f)$ lar i va j tasvirlardagi yorqinliklar taqsimoti [8].

Ta'rif bo'yicha j inchi tasvirning spektri tasvirda yorqinlik taqsimoti bilan bog'langan $L_j(x, y, f)$ Fure almashtirishlari juftligi kompleks funksiyasi ko'rinishida ifodalanadi:

$$M_j(\omega_x, \omega_y, f) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} L_j(x, y, f) \exp[-i(\omega_x x + \omega_y y)] dx dy, \quad (1.2)$$

$$L_j(x, y, f) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} M_j(\omega_x, \omega_y, f) \exp[i(\omega_x x + \omega_y y)] d\omega_x d\omega_y, \quad (1.3)$$

bu yerda $i = \sqrt{-1}$, ω_x va $\omega_y = x$ va y o'qlar yo'nalishida spektrlarning aylanma fazoviy chastotalari.

Xuddi shunday, "eng yaxshi" qoplashda (i - va j -) ikki tasvirning spektr ayirmasini aniqlaymiz:

$$M(\omega_x, \omega_y, f, i) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [L_i(x, y, f) - L_j(x, y, f)] \exp[-i(\omega_x x + \omega_y y)] dx dy, \quad (1.4)$$

$$L_i(x, y, f) - L_j(x, y, f) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} M(\omega_x, \omega_y, f, i) \exp[i(\omega_x x + \omega_y y)] d\omega_x d\omega_y, \quad (1.5)$$

Tasvirlarning "eng yaxshi" bir birini qoplashda ularning spektrlari farqi tasvirlarda shovqin mavjudligida ob'ekt tasvirlarini tanish bilan bog'liq muammolarni hal qilishda qo'llaniladi. Shu tarzda aniqlangan spektrlar chastota komponentlarining ham amplitudalari, ham fazalari haqida to'liq ma'lumotni o'z ichiga oladi.

Buzilishlarni keltirib chiqaradigan chiziqli tizim tomonidan qayta ishlab chiqarilgan $L_{\Omega}(x, y, f)$ reproduksiyada yorqinlikning taqsimlanishini berilgan tasvirdagi yorqinlikning ma'lum taqsimoti $L_i(x, y, f)$ dan kelib chiqib quyidagi integral (Dyuamel integrali) yordamida topish mumkin:

$$L_{\Omega}(x, y, f) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} L_i(\xi, \eta, f) h(x - \xi, y - \eta) d\xi d\eta, \quad (1.6)$$

bu yerda ξ, η - integrallash o'zgaruvchilari; $h(x, y)$ - chiziqli sistema nuqta tasvirini uzatganda, reproduksiyada yorqinlik taqsimoti bilan doimiy koeffitsientgacha mos keladigan tizimning *impulsi xarakteristikasi*. $h(x, y)$ impuls xarakteristikasi yoki nuqtalarning tarqoqlik funksiyalari optik tizimlar atamalarida chiziqli tizim tomonidan kiritiladigan buzilishlarni to'liq xarakterlaydi. Bunda berilgan va chiziqli tizim tomonidan aks ettiriladigan tasvirlar o'zaro quyidagi munosabat bilan bog'langan

$$M_{\Omega}(\omega_x, \omega_y, f) = M_i(\omega_x, \omega_y, f) K(\omega_x, \omega_y), \quad (1.7)$$

bu yerda $M_{\Omega}(\omega_x, \omega_y, f)$ - $L_{\Omega}(x, y, f)$ ning reproduksiya spektri; $K(\omega_x, \omega_y)$ - ko'rib chiqilayotgan chiziqli sistemaning Fure almashtirishi juftligi impuls xarakteristikasi bilan bog'liq chastota-uzatish funksiyasi:

$$K(\omega_x, \omega_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x, y) \exp[-i(\omega_x x + \omega_y y)] dx dy, \quad (1.8)$$

$$h(x, y) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} K(\omega_x, \omega_y) \exp[i(\omega_x x + \omega_y y)] d\omega_x d\omega_y, \quad (1.9)$$

Xuddi shunday, chiziqli tizim tomonidan yaratilgan tasvirlar o'rtasidagi farq spektri ularning "eng yaxshi" bir birini qoplanishi bilan topiladi:

$$M_{\Omega}(\omega_x, \omega_y, f, i) = M_i(\omega_x, \omega_y, f, i) K(\omega_x, \omega_y), \quad (1.10)$$

1-bob bo'yicha nazorat savollari

1. Real olam tasviri nima?
2. Ob'ektni qanday idrok etamiz?
3. Uch o'lchovli sahna deganda nimani tushunasiz?
4. Kuzatish tizimi tanish va notanish ob'ektni qanday ajratadi?

5. Tasvirlarni rastr va vektor modellari farqi va umumiyliги nimalardan iborat?

6. Kuzatish burchagi va kuzatish masofasi nima?

7. Tasvirlarning vektor modeli o'ziga hos jixati nimada?

8. Approksimatsiyalovchi funksiya deganda nimani tushunasiz?

9. Rangli raqamli tasvir deganda nimani tushunasiz?

10. Avtomatik tasvir deganda qanday tasvirlar tushunasiz?

11. Haqiqiy ob'ektlarni tasvirlashda uning qanday xarakteristikalariga e'tibor beriladi?

12. Fure integral almashtirishdan nima uchun foydalanamiz?

13. Tasvir modeli deganda nima tushuniladi?

2-bob

Tasvirlarda ranglarni qayta tiklash va ranglarni boshqarish

2.1. Grassman aksiomalari va ranglarning aralashish qonuniyati

Umuman olganda rasmlarni tahrirlashni, monitor ekraniga chiqarishni, bosib chiqarish qurilmasida chiqarishni muhim komponentasi ranglar hisob-kitobi hisoblanadi. Ranglar hisob kitobining asosini esa ko'rishning uch komponentali nazariyasi tashkil etadi. Ushbu nazariyaga ko'ra, ko'zning to'r pardasi uchta turdagi yorqinlik sezgirligi kletkasini o'z ichiga oladi va ular o'zaro spektral sezgirlik bilan farqlanadi. Nur taratuvchi yorug'likning spektral tarkibiga bog'liq bo'lgan bu uch turdagi nur sezuvchi xujayra biz sezadigan va farqlaydigan ranglarni aniqlaydi.

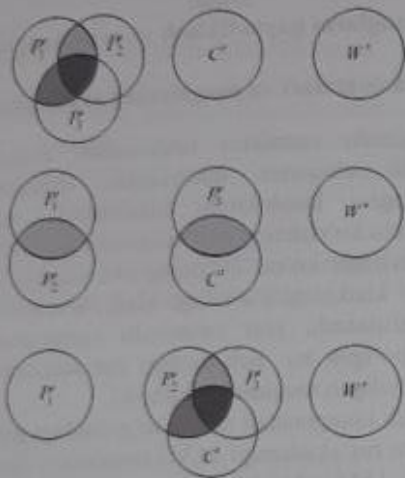
Ko'rishning uch komponentali tabiati to'g'risidagi gipotezani 1756 yilda birinchi marta rus akademigi M.V.Lomonosov ilgari surgan. 46 yil o'tib esa Yung, 1854 yilda Grassmanlar bu gipotezaga murojaat qiladi, 1911 yilda Gelmgols ishlarida ranglarni ko'rish nazariyasiga batafsil to'tilingan. Bu nazariyaning asosiga ko'zning to'r pardasi tuzilishi va rang tenglamalari bo'yicha tajribalar qo'yilgan.

Rang tenglamalari bo'yicha tajribalar

Bu tajribalar 2.1-rasmda keltirilgan sxema asosida bajarilgan. Ideal diffuz qaytargich sirtiga ixtiyoriy spektral tarkibli $C(\lambda)$ yorug'lik dog'i C proeksiyalanadi, bu yerda λ — yorug'likning to'liq uzunligi. Shu sirtida uning yoniga spektral tarkibi $W(\lambda)$ bo'lgan tayanch oq nurning soyasini W va spektral tarkibi mos ravishda $P_1(\lambda), P_2(\lambda)$ va $P_3(\lambda)$ bo'lgan asosiy ranglarning o'zaro kesishuvchi P_1, P_2, P_3 dog'lari proeksiyalanadi.

Avval uch asosiy rang intensivligi shunday o'rnatiladiki, ularning umumiy qismi yorqinligi, rangtoni va to'yinganligi tayanch oq numiki bilan bir xil bo'lsin. Uch asosiy rangning intensivligi $A_1(W), A_2(W)$ va $A_3(W)$ lar biror bir fizik kattalik bilan, misol uchun, vatlarda o'lchansin.

Shundan so'ng C o'lchanayotgan rangni tenglamasiga o'tiladi, bunda asosiy ranglarni intensivliklari $A_1(C), A_2(C)$ va $A_3(C)$ tanlanadi.



2.1-rasm. Ranglarni tenglashtirish

Tenglashtirish jarayonida C o'lchanayotgan rangga bog'liq holda quyidagi uchta holat ro'y berishi mumkin.

1. O'lchashni bajarishda uchta o'zaro kesishuvchi dog'larni hosil qilgan asosiy ranglarning intensivligini shunday tanlash mumkinki, ular kesishish qismidagi rang o'lchanayotgan rangdan farqlanmaydi. Bu holda avval $A_1(C), A_2(C)$ va $A_3(C)$ lar o'lchanadi, keyin C rangni koordinatalari deb ataluvchi quyidagi kattaliklar o'lchanadi.

$$T_1(C) = A_1(C) / A_1(W), T_2(C) = A_2(C) / A_2(W), T_3(C) = A_3(C) / A_3(W), \quad (2.1)$$

2. O'lchanayotgan rangni hosil qilib (tenglashtirib) bo'lmaydi. Bu holda, 2.1-rasmda ikkinchi qatorda ko'rsatilgani kabi, navbati bilan asosiy ranglardan birining dog'i o'lchanayotgan rangga qoplanadi va chapdagi va o'ngdagi dog'larning umumiy qismlari bir xil rang tengligiga erishgandagi intensivligi tanlashga harakat qilinadi. Agar bunga erishilsa, ranglar tengligini hosil qilgan asosiy ranglar intensivliklari qiymati o'lchanadi, bunda o'lchanayotgan rangga qoplangan asosiy rang dog'i intensivligi "minus" ishora bilan olinadi.

2.1 - rasmda bunday rang sifatida P_1 keltirilgan, shuning uchun

rasmda keltirilgan misolga mos keladigan rang koordinatalari quyidagicha bo'ladi:

$$T_1(C) = A_1(C) / A_1(W), T_2(C) = A_2(C) / A_2(W), T_3(C) = -A_3(C) / A_3(W).$$

3. Oxirgi holatda, ranglar tengligiga erishish uchun o'lchanayotgan rang ustiga bitta emas, ikki asosiy rang dog'ini qoplashga ehtiyoj seziladi. Bu holda quyidagilar zarur bo'ladi: birinchidan ranglar tengligiga erishish uchun qaysi ikki asosiy rang dog'i o'lchanayotgan rangga qoplanishi aniqlanadi, ikkinchidan, asosiy ranglarning tenglikka erishiladigandagi intensivliklari tanlanadi va o'lchanadi. Oldingi holdagi kabi, chapdan o'ngga ko'chirilgan asosiy rang intensivligi manfiy ishora bilan yoziladi. 2.1- rasmda ko'rsatilgani kabi, bunday asosiy rang P_2 va P_3 va rang koordinatalari quyidagicha aniqlanadi

$$T_1(C) = A_1(C) / A_1(W), T_2(C) = -A_2(C) / A_2(W), T_3(C) = -A_3(C) / A_3(W).$$

Bu tajribalar asosida Grassman tomonidan ranglar tengligi aksiomalari ishlab chiqilgan va keyinchalik u kolorometriyaning asosini tashkil qildi.

Ranglar tengligi aksiomalari

1. Ixtiyoriy rang uchtadan ortiq bo'lmagan chiziqli erkli ranglarni aralashtirish yo'li orqali hosil qilinishi mumkin, ya'ni uch erkli rangni hech birini boshqa ikkisi orqali hosil qilib bo'lmaydi. Bu aksioma ranglarni aralashtirishning *birinchi qonuni* sifatida ma'lum.

2. Yorug'likning bitta intensivligida erishilgan tenglik intensivliklarning keng diapazonda o'zgarishida saqlanib qoladi.

3. Ranglar aralashmasini inson ko'rish tizimi orqali alohida komponentalarga ajratish imkoniyati mavjud emas. Yoki, boshqacha aytganda, bir qancha nurlarning aralashmasidan hosil bo'lgan rang qanday hosil bo'lishidan qat'iy nazar aralash yorug'likda ishtirok etuvchi har bir nur rang bilan aniqlanadi. Bu aksioma *ranglarni aralashtirishning uchinchi qonuni* deyiladi.

4. Ranglar aralashmasining yorqinligi uning komponentalari yorqinliklari yig'indisiga teng.

5. *Qo'shish qonuni.* Agar M rang N rangga ekvivalent, P rang Q rangga ekvivalent, ya'ni ular inson uchun ajratib bo'lmasa, u holda M va P ranglar aralashmasi N va Q ranglar aralashmasiga ekvivalent bo'ladi. Bu fikr quyidagicha yoziladi:

agar $M=N$ va $P=Q$ bo'lsa, u holda $M+P=N+Q$ \square bo'ladi.

Bu yerda va keyingi shunga o'xshash ifodalarda "=" belgini ekvivalentlik belgisi sifatida tushinish kerak.

6. *Ayirish qonuni.* Agar M va P ranglar aralashmasi N va Q ranglar aralashmasiga ekvivalent, P rang Q rangga ekvivalent bo'lsa, u holda M va N ranglar ham bir biriga ekvivalent bo'ladi. Bu fikrni quyidagicha yozish mumkin:

agar $M+P=N+Q$, $P=Q$ bo'lsa, u holda $M=N$ bo'ladi.

7. *Tranzitivlik qonuni.* Bu qo'nunga ko'ra: agar M rang N rangga ekvivalent, N rang o'z navbatida P rangga ekvivalent bo'lsa, u holda M rang P rangga ekvivalent bo'ladi.

8. *Ranglar tenglamasi.* Ixtiyoriy C rang uchun quyidagi uch munosabatlardan bittasi o'rinlidir:

- C rang M rangning birlik miqdorining $A_1(C)$ birligi, N rangning birlik miqdorining $A_2(C)$ birligi va P rangning birlik miqdorining $A_3(C)$ birligi aralashmasiga tenglashadi;

- C rangning M rang birlik miqdorining $A_1(C)$ birligi bilan aralashmasi N rangning birlik miqdorining $A_2(C)$ birligi va P rangning birlik miqdorining $A_3(C)$ birligi aralashmasiga tenglashadi;

- C rangning M rang birlik miqdorining $A_1(C)$ birligi va N rangning birlik miqdorining $A_2(C)$ birligi bilan aralashmasi P rangning birlik miqdorining $A_3(C)$ birligi bilan tenglashadi.

Ucha munosabatlardan qaysi biri bajarilishligi aralashtirilayotgan ranglarga bog'liq bo'ladi.

Grassman aksiomalari *ranglarni aralashtirishning ikkinchi qonuni* sifatida mashhur bo'lgan tajribalarda aniqlangan yana bitta qonun bilan to'ldiriladi. Bu qonun nurlanishning fizik xarakteristikasini uzluksiz o'zgarishiga rangning uzluksiz o'zgarishi mos qo'yiladi.

Sanab o'tilgan munosabatlar ranglarni o'lchash haqidagi fan hisoblanuvchi kolorimetriyaning asosi hisoblanadi.

2.2. Kolorimetrik tizim tuzilishining tamoyillari

Grassmanning sakkizinchi aksiomasidan quyidagi kelib chiqadi, C rang uchta asosiy ranglar P_1, P_2 va P_3 ranglar aralashmasiga tenglashadi, ya'ni

$$C = A_1(C)P_1 + A_2(C)P_2 + A_3(C)P_3 \quad (2.2)$$

bu yerda $A_1(C), A_2(C), A_3(C)$ - musbat qiymat ham manfiy qiymat ham qabul qilishi mumkin bo'lgan asosiy ranglar intensivligi (bu kattaliklarning manfiy qiymat qabul qilishligining fizik ma'nosi yuqorida keltirilgan). Kogerent bo'lmagan yorug'lik manbalarining intensivligi chiziqli jamlanadi, shuning uchun aralashmaning spektral intensivligi (zichligi) uning komponentalari (uni tashkil etuvchilari) spektral intensivliklari yig'indisiga teng.

(2.2) formuladan $C(\lambda)$ asosiy ranglar aralashmasi spektral zichligiga ekvivalent bo'lgan spektral zichlikka almashtirilishi mumkin, ya'ni

$$C(\lambda) = A_1(C)P_1(\lambda) + A_2(C)P_2(\lambda) + A_3(C)P_3(\lambda), \quad (2.3)$$

bu yerda λ — yorug'lik to'lqin uzunligi. Boshqacha so'z bilan aytganda, $C(\lambda)$ spektral zichlikli nurlanish va $A_1(C)P_1(\lambda) + A_2(C)P_2(\lambda) + A_3(C)P_3(\lambda)$ spektral zichlikli nurlanish bir xil rang hissini yuzaga keltiradi.

(2.3) formulada asosiy ranglar intensivligini (2.1) formulaga mos ravishda ranglar koordinatalari orqali ifodalab, quyidagini olamiz

$$C(\lambda) = T_1(C)A_1(W)P_1(\lambda) + T_2(C)A_2(W)P_2(\lambda) + T_3(C)A_3(W)P_3(\lambda). \quad (2.4)$$

Grassmanning to'rtinchi aksiomasidan $L(C)$ rang yorqinligi uning komponentalari yorqinliklari yig'indisiga teng, ya'ni

$$L(C) = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} C(\lambda)V(\lambda)d\lambda = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} [A_1(C)P_1(\lambda) + A_2(C)P_2(\lambda) + A_3(C)P_3(\lambda)]V(\lambda)d\lambda.$$

Bu yerda $V(\lambda)$ kunduzi ko'rish uchun (ko'rinish egri chizig'i)

monoxromatik nur tarqalishi nisbiy spektral yorug'lik effektivligi funksiyasi; λ_{\min} , λ_{\max} - yorug'lik tarqalishi sifatida qabul qilinuvchi va elektromagnit tarqalishi oralig'ini belgilovchi yorug'lik tarqalishi to'liq uzunliklari. Asosiy ranglar intensivliklarini ranglar koordinatalari orqali ifodalab, quyidagi hosil qilamiz

$$L(C) = T_1(C)L(P_1) + T_2(C)L(P_2) + T_3(C)L(P_3), \quad (2.5)$$

Bu yerda

$$L(P_1) = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} A_1(W)P_1(\lambda)V(\lambda)d\lambda,$$

$$L(P_2) = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} A_2(W)P_2(\lambda)V(\lambda)d\lambda,$$

$$L(P_3) = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} A_3(W)P_3(\lambda)V(\lambda)d\lambda \quad - \text{ asosiy ranglarning yorqinlik}$$

koeffitsientlari. (2.4) va (2.5) formulalar kolorometriyaning miqdoriy asosi hisoblanadi.

Kolorometrik tizim yaratish uchun quyidagilarni bajarish zarur:

1. Asosiy ranglarni tanlab olish va ularning o'lchov birliklari P_1, P_2, P_3 ni aniqlash. Asosiy ranglarni tanlash chegaralanmagan, demak hosil qilinishi mumkin bo'lgan kolorometrik tizimlar soni ham chegaralanmagan.

2. Tanlangan asosiy ranglar uchun solishtirma koordinatalar yoki aralashish egri chizig'i deb ataluvchi birlik quvvatli $T_1(\lambda), T_2(\lambda), T_3(\lambda)$ spektral nurlanishli ranglar koordinatalarini aniqlash.

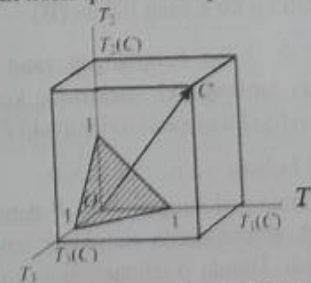
Solishtirma koordinatalarni bilish ixtiyoriy spektral zichlikka $C(\lambda)$ ega nurlanishning ranglar koordinatalarini $T_1(\lambda), T_2(\lambda), T_3(\lambda)$ larni muallaq yig'ish yo'li orqali aniqlashga imkon beradi. Bunda muallaqlik funksiyasi spektral zichlik hisoblanadi

$$T_1(C) = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} C(\lambda)T_1(\lambda)d\lambda,$$

$$T_2(C) = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} C(\lambda)T_2(\lambda)d\lambda, \quad (2.6)$$

$$T_3(C) = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} C(\lambda)T_3(\lambda)d\lambda,$$

(2.6) formuladan ixtiyoriy rangni uning uchta $T_1(C), T_2(C), T_3(C)$ koordinatalari berilganda to'liq ifodalash mumkin ekanligi kelib chiqadi, demak, 2.2-rasmda ko'rsatilgani kabi u T_1, T_2, T_3 uch o'lchovli fazodagi nuqtaning yoki vektorning holati bilan ifodalanadi. Bunda rangning ayrim koordinatalari manfiy qiymatlarni qabul qilishi mumkin, biroq (2.5) formula bilan aniqlanuvchi yakuniy yorqinlik har doim musbat qiymatli bo'ladi. Yuqorida ta'kidlanganidek, rang koordinatasining manfiy qiymati quyidagicha talqin qilinadi: koordinataning manfiy qiymatiga mos keluvchi asosiy rang qolgan ikki asosiy rang aralashmasiga tenglashishiga erishish uchun o'lchanayotgan rangga qo'shilishini anglatadi. Bu fikr muhim ahamiyatga ega. Chunki, misol uchun, hech bo'lmaganda bita koordinatasi manfiy bo'lgan rangni uchta asosiy rangni fizik aralashtirish yo'li orqali hosil qilib bo'lmaydi.



2.2-rasm. Ranglar fazosida ranglarni ifodalash

Ko'p hollarda rangni ifodalashda uning yorqinligi muhimlik kash etmaydi, bunday holda rang koordinatalaridan rang to'yinganligi va rang tonini to'liq ifodalovchi rangdorlik koordinatalariga $\left(\frac{r_1}{r_1+r_2+r_3}, \frac{r_2}{r_1+r_2+r_3}, \frac{r_3}{r_1+r_2+r_3} \right)$, (birlik ranglar koordinatalariga) o'tiladi.

To'g'riligini oson hosil qilish mumkin bo'lgan $r_1 + r_2 + r_3 = 1$, ifoda 2.2-rasmda shtrixda ko'rsatilgan birlik ranglar tekisligini ifodalaydi, birlik ranglar koordinatalari esa - bu tekislikni rang vektori bilan teshib o'tish nuqtasini aniqlaydi. $r_3 = 1 - r_1 - r_2$ bo'lganligi sababli, rangdorlikni to'liq aniqlash uchun atiga ikki o'zgaruvchidan r_1, r_2 dan foydalanish yetarli bo'ladi, bu esa ikki o'lchovli grafikda rang hisob kitobi natijalarini ifodalashda qulaylik tug'diradi. Bunday grafikaga o'tish birlik ranglar tekisligini T_1OT_2 tekislikka proeksiyalash yo'li orqali hal qilinadi, bunda 2.2-rasmda shtrixda ko'rsatilgan birlik ranglarning teng tomonli uchburchagi to'g'ri burchakli uchburchakka almashtiriladi.

Kolorometriyaning asosiga qo'yilgan prinsiplarni ko'rishda amaliyotdan ko'p qo'llaniladigan kolorimetrik tizimlarni ifodalashga o'tamiz.

2.3. RGB kolorimetrik tizimi

1931 yilda xalqaro yoritish komissiyasida (XYoK) RGB kolorimetrik tizimi ishlab chiqildi va amaliyotga qo'llashga tavsiya etildi. Bu kolorimetrik tizimning o'ziga xosligi unda asosiy ranglar sifatida quyidagi to'lqin uzunliklariga ega bo'lgan uchta monoxromatik nurlardan foydalanilgan: qizil rang uchun (R) — 700 nm, yashil rang uchun (G) — 546,1 nm va ko'k rang uchun (B) — 435,8 nm.

Bu tizimda r, g, b bilan belgilangan rang koordinatalarining o'lchov birligi shunday tanlanganki, spektrning ko'rinadigan qismida doimiy spektral intensivligi bilan xarakterlanuvchi E turdagi tayanch oq rang uchun ular bir xil bo'lsin, ya'ni $r = g = b$.

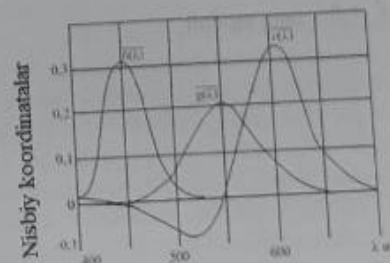
Asosiy ranglar sifatida real ranglar R, G, B dan foydalanish qulay, chunki u kolorimetrik o'lchovlarda ranglarni tenglashtirish usulini qo'llashga imkon beradi. Bunda o'lchanayotgan rang c quyidagicha yozilishi mumkin

$$C = rR + gG + bB,$$

va uning yorqinligi esa quyidagicha yozilishi mumkin

$$L = r + 4,5907g + 0,0601b,$$

bu yerda R, G, B - mos ravishda qizil, yashil va ko'k birligi miqdori. Yozilgan foymuladan ko'rinadiki, yorqinlikka eng ko'p hissanani rangning yashil komponentasi, eng kam esa ko'k rang komponentasiga to'g'ri keladi.



2.3-rasm. RGB kolorimetrik tizimida solishtirma koordinatalar grafigi

RGB kolorimetrik tizimi uchun eksperimental o'lchash yo'li bilan solishtirma koordinatalar $\overline{r(\lambda)}, \overline{g(\lambda)}, \overline{b(\lambda)}$ ning λ to'lqin uzunligiga bog'liqligi munosabati olingan va 2.3-rasmda 2° li ko'rish maydoni uchun grafigi keltirilgan. R, G, B asosiy ranglardan tashqari ixtiyoriy monoxromatik rang uchun uning nisbiy koordinatalari $r(\lambda), g(\lambda), b(\lambda)$ dan birortasi har doim manfiy bo'ladi. Bundan kelib chiqadiki, eng asosiy ranglardan tashqari monoxromatik ranglarni asosiy ranglarni aralashtirish yo'li bilan fizik hosil qilib olib bo'lmaydi. Nisbiy koordinatalar (aralashma egri chizig'i) nurlanishning fizik xarakteristikalarini - uning spektral intensivligi $C(\lambda)$ va rang koordinatalari r, g, b o'rtasidagi bog'lovchi bug'in bo'lib xizmat

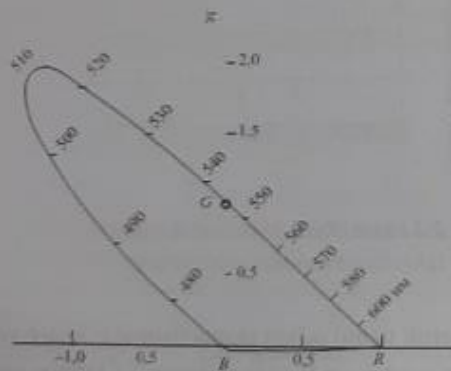
qiladi.

$$r = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} C(\lambda) \overline{r(\lambda)} d\lambda, \quad g = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} C(\lambda) \overline{g(\lambda)} d\lambda, \quad b = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} C(\lambda) \overline{b(\lambda)} d\lambda.$$

Rang koordinatalarini hisoblab, rangdorlik koordinatasini (birlik ranglar koordinatasini) oson topish mumkin bo'ladi

$$r = \frac{r}{m}, \quad g = \frac{g}{m}, \quad b = \frac{b}{m},$$

bu yerda $m = r + g + b$ - rang moduli.



2.4-rasm. RGB kolorimetrik tizimda rangdorlik grafigi

2.4-rasmda RGB kolorimetrik tizimda qabul qilingan asosiy ranglarda hosil qilingan R, G, B ranglar uchburchagini ko'rsatuvchi rangdorlik grafigi hamda lokus - bu grafikda spektral sof ranglar holatini aniqlovchi nuqtalarning geometrik o'rni keltirilgan. Ta'kidlash lozimki, asosiy ranglar R, G, B ni qo'llab ixtiyoriy real mavjud rangning koordinatalarini aniqlash mumkin, ya'ni ifodalash mumkin, bunda ularning ayrimlari manfiy bo'lishi mumkin. Shunga qaramasdan,

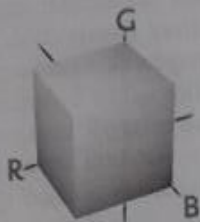
ularni ixtiyoriy mutanosiblikda aralashtirib rangdorlik uchburchagi ichida yotgan ranglarigina sintez (hosil) qilish mumkin bo'ladi. Bu quyidagicha izohlanadi, rangdorlik uchburchagidan tashqarida joylashgan ranglarni sintez qilish uchun nafaqat musbat, balki manfiy ranglarni ham aralashtirish talab etilar edi, buni esa fizik amalga oshirib bo'lmaydi. Shu sababli asosiy ranglarni aralashmasidan asosiy rang bilan ustma ust tushuvchi ranglardan tashqari spektral sof ranglarni olish mumkin emas. Bu xulosa ayniqsa, aks ettiruvchi qurilmalar asosiy rangini tanlashda muhim, misol uchun, kineskop yoki suyuq kristal panellarda ularni ishlab chiqarishda kolorimetrik tizimning asosiy ranglari bilan ustma ust tushmasdan qoladi.

Uchlarida asosiy ranglar yotuvchi aks ettiruvchi qurilma rangdorlik uchburchagi yuzasi qancha katta bo'lsa, shuncha ko'p ranglarni hosil qilish imkoniyati bo'ladi. Biroq aks ettiruvchi qurilmaning ekranida tabiatda mavjud barcha ranglarni aks ettirib bo'lmaydi.

Bu rang sistemasi kompyuter ekrani uchun moslashtirilgan (texnik) rang hisoblanadi (2.5-2.6-rasmlar). Unda uch xil rang aralashmasi mavjud bo'lib, ular Red (qizil), Green (yashil) va Blue (ko'k) ranglardir. Har bir rang miqdori $0 \div 255$ oralig'ida bo'ladi. Demak, uchta rangning har birlik miqdorlari asosida $256^3 = 16777216$ ta rangni ifodalash mumkin bo'ladi. Bu rang sistemasi qurilmaning xususiyatiga bog'liq bo'ladi. Masalan, RGB ning biror bir xil qiymatga ega bo'lgan rangi ikki xil monitorda ikki xil ko'rinadi.



2.5-rasm. RGB rang sistemasining oddiy ko'rinishi.



2.6-rasm. Uch koordinatali RGB rang fazosi.

RGB kolorimetrik tizimi bugungi kunda rangli tasvirlarni raqamli fotoapparatlar, videokameralar, skanerlar yordamida kompyuter xotirasiga kiritishda hamda ularni monitor ekranida chiqarishda ranglarni ifodalash uchun keng qo'llaniladi.

2.4. XYZ kolorimetrik tizimi

RGB kolorimetrik tizimi bilan bir vaqtda yoritish bo'yicha xalqoro komissiya tomonidan 1931 yilda XYZ (CIE) kolorimetrik tizimi deb ataluvchi boshqa kolorimetrik tizim ham ishlab chiqilgan va foydalanishga tavsiya etilgan. Bunga sabab, RGB kolorimetrik tizimining ranglarni o'lchashda qo'llaniladigan asosiy afzalliklari bilan bir qatorda rang hisob kitobida noqulayliklar keltirib chiqaruvchi ikkita jiddiy kamchiligi mavjudligidir. Ulardan birinchisi, manfiy koeffitsientlari mavjudligi, ikkinchidan esa - rangning uchta koordinatasining muallaq yig'indisi orqali rang yorqinligini aniqlash zaruratidir.

CIE komissiyasi tomonidan odamlar ko'zi bilan bog'liq ko'plab tajribalar o'tkazilgandan keyin qabul qilingan. Ya'ni ko'plab insonlarning ko'rish imkoniyatlari bo'yicha ko'plab ma'lumotlar to'plangan va ulardan o'rtacha ko'rish holati uchun ushbu model ishlab chiqilgan. Bu modelda rangning qizil komponentalari X o'qi bo'ylab (gorizontal) tortilgan, yashil komponentalar esa, Y o'qi bo'ylab (vertikal) tortilgan (2.7-rasm). Bunda rang tiniqligi hisobga olinmaydi.



2.7-rasm. CIE XYZ rang modeli

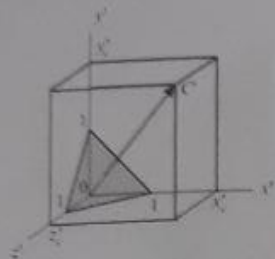
XYZ kolorimetrik tizimda asosiy rangni tanlashda quyidagilar talab qilindi:

- Ixtiyoriy nurlanish uchun rang koordinatalari har doim musbatligini saqlaydi;
- Nurlanish yorqinligi rangning bitta koordinatasi bilan aniqlanadi;
- E turdagi tayanch oq rangga mos nuqta rangdor uchburchak og'irlik markazida joylashadi.

Bu shartlarni bajarilishi natijasida asosiy ranglari X, Y, Z fiktiv bo'lgan tizim ishlab chiqilgan, ya'ni tabiatda mavjud bo'lmagan, biroq biror bir matematik belgilarni bildiradi. Bu kolorimetrik tizimda rang quyidagi ifoda bilan aniqlanadi

$$C' = x'X + y'Y + z'Z,$$

bu yerda x', y', z' — rang koordinatalari. 2.8 rasmda x', y', z' koordinata o'qlari va e -vektor grafigi keltirilgan bo'lib, u yaratilgan kolorimetrik tizim pangdorlik fazosida rang holatini hamda shtrix bilan ajratilgan birlik ranglar tekisligini aniqlaydi. Bu kolorimetrik tizimda rang yorqinligi y' bitta koordinata bilan aniqlanadi.



2.8-rasm. XYZ kolorometrik tizimida ranglarni tasvirlash

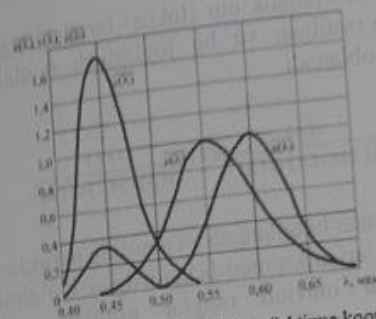
Bir kolorometrik tizimdan boshqasiga o'tish rang koordinatalarini chiziqli almashtirish orqali amalga oshiriladi

$$\begin{aligned} x' &= 0,49000r' + 0,31000g' + 0,20000b', \\ y' &= 0,17700r' + 0,81238g' + 0,01062b', \\ z' &= 0,00002r' + 0,01002g' + 0,98996b', \\ r' &= 2,36467x' - 0,89658y' - 0,46809z', \\ g' &= -0,51523x' + 1,42647y' + 0,08877z', \\ b' &= 0,00518x' - 0,01442y' + 1,00925z'. \end{aligned}$$

RGB kolorometrik tizimi uchun bo'lgani kabi, XYZ kolorometrik tizimi uchun ham solishtirma koordinatalar $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ aniqlangan hamda 2.9-rasmda 2° lik ko'rish maydoni uchun λ to'lqin uzunligiga bog'liqlik grafigi keltirilgan. Bu holatda solishtirma koordinatalarni aniqlashning o'ziga xos xususiyati shundaki, RGB kolorometrik tizimdan farqli ravishda ular tajriba yo'li orqali aniqlanmaydi, sababi bu tizimda asosiy ranglar fiktiivdir. Shuning uchun ular, RGB kolorometrik tizimidan XYZ kolorometrik tizimiga solishtirma koordinatalarni qayt hisoblash yo'li orqali aniqlanadi.

Solishtirma koordinatalar nur taralishining spektral intensivligi $C(\lambda)$ asosida x', y', z' rang koordinatalarini hisoblash uchun foydalaniladi

$$x' = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} C(\lambda) \bar{x}(\lambda) d\lambda, \quad y' = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} C(\lambda) \bar{y}(\lambda) d\lambda, \quad z' = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} C(\lambda) \bar{z}(\lambda) d\lambda.$$



2.9-rasm. XYZ kolorometrik tizimining solishtirma koordinatalar grafigi

Ta'kidlanganidek, ko'p hollarda rangni ifodalashda uning yorqinligi muhimlik kasb etmaydi, bunday hollarda quyidagi almashtirish orqali rang koordinatalaridan rangdorlik koordinatalariga (birlik ranglar koordinatalariga) o'tiladi

$$x = \frac{x'}{m}, \quad y = \frac{y'}{m}, \quad z = \frac{z'}{m},$$

bu yerda m – rang moduli bo'lib, u qo'yidagiga teng

$$m = x' + y' + z'.$$

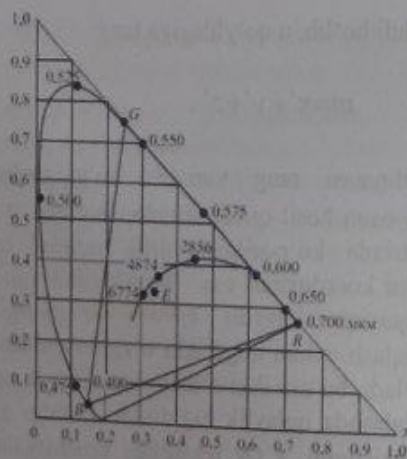
Rangdorlik koordinatasi rang toni va to'yinganligini to'liq ariqlaydi. To'g'riligini oson hosil qilish mumkin bo'lgan $x+y+z=1$, ifoda 2.8-rasmida shtrixda ko'rsatilgan birlik ranglar tekisligini ifodalaydi, birlik ranglar koordinatasi esa – bu tekislikni rang vektori bilan teshib o'tish nuqtasini aniqlaydi. $z=1-x-y$ bo'lganligi sababli, rangdorlikni to'liq aniqlash uchun atiga ikki o'zgaruvchidan x, y dan foydalanish yetarli bo'ladi, bu esa ikki o'lchovli grafikada rang hisob kitobi natijalarini ifodalashda qulaylik tug'diradi. Bunday grafikaga o'tish birlik ranglar tekisligini $x'Oy'$ tekislikka proeksiyalash yo'li orqali hal qilinadi, bunda 2.8-rasmida shtrixda ko'rsatilgan birlik ranglarning teng tomonli uchburchagi to'g'ri burchakli uchburchakka almashtiriladi. 2.10-rasmida XYZ kolorometrik tizimi uchun rangdorlik

grafigi keltirilgan.

Bu grafikda monoxromatik nur (lokus) taralishidaga ranglarning joylashish holat ko'rsatilgan va bu joylashish nuqtalari quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi

$$x(\lambda) = \frac{\overline{x(\lambda)}}{x(\lambda) + y(\lambda) + z(\lambda)}, y(\lambda) = \frac{\overline{y(\lambda)}}{x(\lambda) + y(\lambda) + z(\lambda)},$$

hamda ayrim nuqtalar belgilangan va ularning ayrimlari uchun mos keluvchi to'liq zunliklari mikrometrdagi keltirilgan. Ko'zimiz qabul qila oladigan barcha real mavjud ranglar grafikning lokus bilan chegaralangan va uning chetki nuqtalarini birlashtiruvchi to'g'ri chiziq bilan chegaralangan qismida joylashgan. Rangdorlik uchburchagining og'irlik markazida turdagi oq rang joylashgan. Uchlari lokusni yopib turuvchi to'g'ri chiziq kesmasining chetlariga va *E* turdagi oq rang nuqtasida joylashgan uchburchak bilan chegaralangan grafikning sohasiga qirmizi rang mos keladi. Shu grafikning o'zida uchlarida kolorimetrik tizimning asosiy ranglari R, G, B joylashgan RGB kolorimetrik tizim rangdorlik uchburchagi ham keltirilgan.



2.10-rasm. XYZ kolorimetrik tizimining rangdorlik grafigi

2.5. XYZ kolorimetrik tizimda ranglar hisob kitobi

XYZ kolorimetrik tizimi rang hisob kitoblari olib borish qulay bo'lishligi uchun maxsus ratilgan, shuning uchun u boshqa kolorimetrik tizimlar orasida vositachi tizim sifatida foydalaniladi. Buni aniq masalalarni yechish misolida ko'rsatib o'tamiz.

Ranglar koordinatasi bilan berilgan ikki rang aralashmasining rangini aniqlash

C_1 va C_2 ranglarning aralastirilishi natijasida hosil bo'ladigan C_Σ rang koordinatasi aralastirilayotgan ranglar komponentalarining mos koordinatalari x_1, y_1, z_1 va x_2, y_2, z_2 lar yig'indisi bilan aniqlanadi, ya'ni

$$x_\Sigma = x_1 + x_2, y_\Sigma = y_1 + y_2, z_\Sigma = z_1 + z_2,$$

bunda natijaviy rangning rangdorlik moduli berilgan ranglarning rangdorlik modullari yig'indisiga teng bo'ladi

$$m_\Sigma = m_1 + m_2$$

aralashmaning rangdorlik koordinatalari esa quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$x_\Sigma = \frac{m_1 x_1 + m_2 x_2}{m_1 + m_2}, y_\Sigma = \frac{m_1 y_1 + m_2 y_2}{m_1 + m_2},$$

yoki sodda almashtirishlardan keyin quyidagi orqali aniqlanadi

$$x_\Sigma = \frac{x_1 + x_1 m_2 / m_1}{1 + m_2 / m_1}, y_\Sigma = \frac{y_1 + y_1 m_2 / m_1}{1 + m_2 / m_1} \quad (2.7)$$

(2.7) formula parametrik berilgan to'g'ri chiziq tenglamasini beradi, bu

yerda parametr sifatida aralashirilayotgan ranglarning rangdorlik modullari nisbati m_2/m_1 olinadi. Bundan kelib chiqadiki, rangdorlik grafigida olingan aralashmaning rangdorligini xarakterlovchi nuqta aralashirilayotgan C_1 va C_2 ranglar rangdorligining ikki nuqtasini tutashiruvchi to'g'ri chiziqda yotadi. Nuqtaning aniq holati aralashirilayotgan ranglar moduli nisbati bilan aniqlanadi. m_2/m_1 nisbat qancha katta bo'lsa, aralashmaning rangdorligi C_2 rang rangdorligiga yaqin bo'ladi.

Rang koeffitsientlari bilan berilgan uch rang aralashmasi rangini aniqlash

Yuqorida keltirilgani kabi fikrlab, C_1, C_2, C_3 uch rang aralashmasidan olingan C_Σ rang koordinatalari quyidagi formula orqali hisoblanishini ko'rishimiz mumkin

$$x'_\Sigma = x'_1 + x'_2 + x'_3, y'_\Sigma = y'_1 + y'_2 + y'_3, z'_\Sigma = z'_1 + z'_2 + z'_3,$$

bunda rangdorlik koeffitsienti quyidagiga teng bo'ladi

$$x_\Sigma = \frac{m_1x_1 + m_2x_2 + m_3x_3}{m_1 + m_2 + m_3}, y_\Sigma = \frac{m_1y_1 + m_2y_2 + m_3y_3}{m_1 + m_2 + m_3}, z_\Sigma = \frac{m_1z_1 + m_2z_2 + m_3z_3}{m_1 + m_2 + m_3}, \quad (2.8)$$

bu yerda $x_1, y_1, z_1, x_2, y_2, z_2, x_3, y_3, z_3, m_1, m_2, m_3$ - mos ravishda birinchi, ikkinchi, uchinchi aralashirilayotgan komponentalarning rang koordinatalari va rangdorlik modullari. Rangdorlik grafigida aralashmaning rangdorligini xarakterlovchi nuqta uchi aralashirilayotgan ranglarning rangdorligini aniqlovchi nuqtalarda yotuvchi uchburchakning ichida joylashadi. Lokus (spektral toza ranglar egri chizig'i) qabariq shaklda bo'lganligi sababli aralashmasidan tabiatda mavjud bo'lgan har qanday rangni hosil qilish mumkin bo'lgan uchta rangni tanlab bo'lmaydi, chunki lokusni hosil qiluvchi shaklga ichki chizilgan va uning to'g'ri chiziqlarini yopuvchi uchburchak yuzasi bu shakl yuzasidan kichik. Bu cheklov muhim

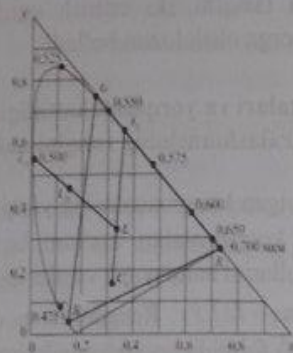
ahamiyat kasb etadi va tasvirni aks ettirish qurilmasining asosiy ranglarini tanlashda e'tiborga olish lozim bo'ladi.

Rangdorlik koordinatalari va yorqinlik kattaligi bilan berilgan uchta rang aralashmasining rangini aniqlash

Uchta aralashirilayotgan komponentaning yorqinliklari L_1, L_2, L_3 va ularning rangdorlik koordinatalari ma'lum bo'lsa, avvalombor ularning rangdorlik modullarini aniqlaymiz va ular quyidagicha bo'ladi $m_1 = L_1/y_1, m_2 = L_2/y_2, m_3 = L_3/y_3$. Rangdorlik modullari qiymatlari aniqlangandan so'ng (2.8) formula bo'yicha aralashmaning rangdorlik koordinatalari topiladi.

Ustun turuvchi to'lqin uzunligi va rangning sofligini aniqlash

Rangdorlik koordinatalari rangdorlikni xarakterlovchi sub'ektiv parametrlarga, ya'ni rang toni va to'yinganligiga bevosita bog'liq emas. Rang toni va to'yinganligi xarakteristikalarini uchun ayrim hollarda ob'ektiv parametrlar foydalaniladi: ustun turuvchi to'lqin uzunligi va rang sofligi. Bu parametrlarni aniqlashning asosida ikkita rang mos proporsiyasi aralashmasi natijasida hosil qilingan har qanday rangdagi spektral toza va E turdagi oq rang haqidagi tasavvur yotadi. Bu holda ustun turuvchi to'lqin uzunligi λ_0 va sof rang P aniqlanayotgan rang rangdorlik grafigida E turidagi oq rang nuqtasi va λ_0 to'lqin uzunligiga mos keluvchi spektral ranglar egri chizig'idagi nuqtani birlashtiruvchi to'g'ri chiziq kesmasida joylashgan bo'ladi. Boshqacha aytganda, λ_0 ni aniqlash uchun rangdorlik grafigiga o'lchanayotgan rang nuqtasi C_0 ni qo'yish, keyin shu nuqta va E turdagi oq rang nuqtasi orqali to'g'ri chiziq o'tkaziladi, bu to'g'ri chiziq spektral sof rang egri chizig'i bilan kesishguncha davom ettiriladi va kesishish nuqtasida λ_0 hisoblanadi. Bu aytilganlar 2.11-rasmda keltirilgan. Agarda rang toni aniqlanayotgan C_n rang qirmizi ranglarga tegishli bo'lsa, uning uchun ustun turuvchi to'lqin uzunligini aniqlab bo'lmaydi, chunki u mavjud emas. Bu hol uchun ustun turuvchi to'lqin uzunligi o'rniga qo'shimcha to'lqin uzunligi deb ataluvchi λ_c kiritiladi va u C_n nuqtadan E nuqta orqali o'tuvchi to'g'ri chiziqning spektral ranglar chizig'ini kesib o'tgan nuqta orqali aniqlanadi.



2.11-rasm. Ustun turuvchi to'liq uzunligini aniqlashga

Sof rang P ta'rif bo'yicha L_λ spektral sof rang yorqinligini o'lchanayotgan rang yorqinligi L ga nisbatiga teng. O'lchanayotgan rang yorqinligini spektral sof rang va E turdagi tayanch oq rang aralashmasi natijasi deb qarash mumkin. Bundan kelib chiqadiki, uning yorqinligi uni tashkil qiluvchi ranglar yorqinliklari L_λ va L_E larning

yig'indisiga teng, shuning uchun $p = \frac{L_\lambda}{L_\lambda + L_E}$.

Bu ifodadan kelib chiqib, sof rang hisobi uchun quyidagi formulalarni olishimiz mumkin:

$$p = \frac{y_\lambda y_C - y_E}{y_C y_\lambda - y_E}, \quad (2.9)$$

$$p = \frac{y_\lambda x_C - x_E}{y_C x_\lambda - x_E}, \quad (2.10)$$

bu yerda $x_C, y_C, x_E, y_E, x_\lambda, y_\lambda$ - o'lchanayotgan rang C ning rangdorlik, E turdagi tayanch oq rang va ustun to'liq uzunligiga mos spektral sof rang koordinatalari. Agar (2.9) formulada maxraj kichik qiymatlarni qabul qilsa, u holda sof rang hisoblarini (2.10) formula bilan yuritish, agar (2.10) formulada maxraj kichiklashib ketsa esa (2.9)

formuladan foydalanish maqsadga muvofiq bo'ladi. Yozilgan formulalardan spektral sof ranglar uchun $p = 1$, tayanch oq rang uchun $p = 0$ ekanligi kelib chiqadi.

Xulosada ta'kidlash kerakki, XYZ kolorimetrik tizim ma'lumotlarni bir kolorimetrik tizimdan boshqasiga qayta hisoblash uchun tez tez ishlatiladi. Bunday ehtiyojlar, xususan, kompyuter ish stolida ishlatiladigan bir qator qurilmalarning ishini, masalan, skaner, monitor va bosma qurilmasining ishini muvofiqlashtirish kerak bo'lganda paydo bo'ladi. Odatda, bunday qayta hisoblash har safar bitta rang maydonidan, masalan, RGB rang maydonidan boshqasiga, masalan CMYK rang maydoniga o'tilganda amalga oshiriladi.

2.6. Rang temperaturasi

Barcha kolorimetrik o'lchovlar va hisoblari asosida tayanch oq rang tushunchasi yotadi. Aynan tayanch oq rangga nisbatan ixtiyoriy kolorimetrik tizimda asosiy ranglar birligi aniqlangan. Ko'p hollarda tayanch oq sifatida E turdagi teng energetik oq rang ishlatiladi, biroq o'lchashlarda uni ishlatish noqulayliklar tug'diradi. Gap shundaki, tabiatda yorug'lik oralig'ida to'liq uzunligiga bog'liq bo'lmagan tarqalish spektri mavjud emas, lekin sun'iy usulda bunday spektrni hosil qilish mumkin. Bu shunga olib keldiki, tayanch oq rang sifatida nur tarqatuvchining spektral tarkibi rang temperaturasi (*harorati*) deb ataluvchi T_u temperaturagacha qizdirilgan absolyut qora jismning nur tarqatishining spektral tarkibiga yaqin bo'lgan manbalardan foydalanishni boshladilar. Bunda bu manbalarning rangdorligi Kelvin gradusida rang temperaturasi kattaligida xarakterlana boshlandi. Bu esa ancha qulay, chunki ularning rangdorligini xarakterlash uchun ikki son o'rniga (misol uchun, $x = 0,310$, $y = 0,316$) bitta sonni ($T_u = 6674K$) aytilish yetarli bo'ladi. Grafikda (2.7-rasm) absolyut qora jismning temperaturasi o'zgariganda nur tarqatish rangdorligi qanday o'zgarishini ko'rsatuvchi rang temperaturasi egri chizig'i keltirilgan. Bunda nur tarqatish rangdorligining spektral tarkibi Plank formulasi bilan aniqlanadi.

Rangdorlik nuqtasi rang temperaturasi egri chizig'ida bo'lmasdan, unga yaqin joylashgan hollarda korrelyatsiyalangan rang temperaturasi tushunchasidan foydalaniladi [11].

1931 yilda yoritish bo'yicha xalqaro komissiya (YoXK) mos ravishda *A, B, C* bilan belgilangan oq rangning uchta standart manbalaridan biridan o'lchashlarda foydalanishni taklif qilgan. Keyinchalik ularga *D₅₅, D₆₅, D₇₅, 9300 K + 27 MPCII* lar va boshqalari qo'shilgan. 2.1-jadvalda bir qator manbalarining nur tarqatishini asosiy xarakteristikalarini keltirilgan. *A* manba sifatida rang temperaturasi $T_r = 2856 K$ bo'lgan cho'g'lama ipi volframlik gaz to'ldirilgan cho'g'lama lampa qo'llanilgan, jadvalda keltirilgan nurlanishning boshqa manbalari *A* manbaga rang filtrlarini qo'shish orqali olinadi.

2.1-jadval. Oq rang standart manbalarining nur tarqatish xarakteristikalarini

Nur tarqatishi	x	y	λ_d , mkmp, %	Rang temperaturasi T_r , K	
<i>A</i> (cho'g'lanma lampa standartlashtirilgan yorug'ligi)	0,4476	0,4075	0,583	65	2856
<i>B</i> (standartlashtirilgan to'g'ri quyosh nuri)	0,3484	0,3516	0,574	15	4874
<i>C</i> (standartlashtirilgan o'rtacha kunduzgi yorug'lik)	0,310	0,316	0,482	5	6774
<i>D₅₅</i>					5500
<i>D₆₅</i>	0,313	0,329			6504
<i>D₇₅</i>	0,3003	0,3103			7500
9300 K + 27 MRSD	0,281	0,34			
<i>E</i> (teng energitik manba yorug'ligi)	0,333	0,333	0		5700

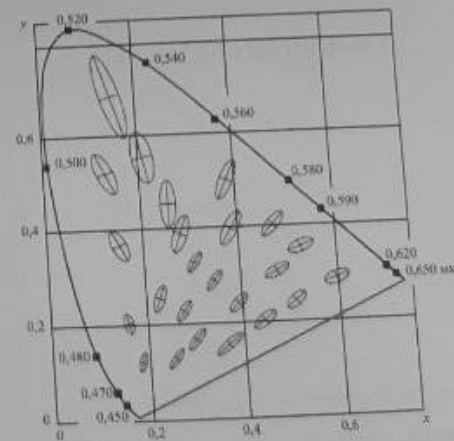
2.7. Boshqa kolorimetrik tizimlar

RGB va XYZ kolorimetrik tizimlar bilan bir qatorda hozirgi kunda bir qator amaliy masalalarni yechish uchun qulay bo'lgan boshqa kolorimetrik tizimlar ishlab chiqilgan va qo'llanilmoqda. RGB va XYZ kolorimetrik tizimlarining kamchiligi shundaki, bu tizimlarda rangdorlik grafiklaridagi bir xil masofalarga bir vizual farqlar mos tushmaydi. 2.12-rasmdagi rangdorlikning teng seziluvchi farqlari ellipslari buni ko'rsatib turibdi. Ko'rinarli bo'lishi uchun ellipslar rasmda o'n barobar kattalashtirib ko'rsatilgan. Rasmdan kelib

chiqadiki, ko'k ranglar sohasidagi ellipslar yashil rang sohasidagilarga qaraganda anchagina kichkina, natijada ko'k rang sohasida diagrammaning birlik yuzasiga to'g'ri keluvchi farqlanuvchi ranglar soni yashil sohaga nisbatan 400 marta katta bo'lar ekan. Bu keltirilgan kamchiliklardan qutilishga bo'lgan intilishlar teng kontrastli deb ataluvchi bir qator tizimlarni ishlab chiqishga olib keldi va ularning ayrimlari quyida keltiriladi.

Mansella kolorimetrik tizimi

Bu tizim asosiga rangning uchta xarakteristikasi qo'yilgan va bu xarakteristikalar quyidagi atamalar bilan belgilangan: hue — rang toni, chroma — to'yinganlik va value — yorqinlik. Tizim ranglarning taxminan bir xil zinapoyalarda o'zgarishi namunalari atlas ko'rinishida amalga oshirilgan va mumkin bo'lgan ranglar sohasining ko'proq qismi qamrab olingan. Bu namunalar fazoviy rang jismlariga guruhlashtirilgan, hamda axromatik rang (qoradan oqqa) vertikal o'q bo'ylab, rang toni aylana bo'ylab, to'yinganlik radius bo'ylab joylashtirilgan.



2.12-rasm. Rangdorlikning teng seziluvchi farqlari ellipslari

Berilgan namunaning rangini aniqlashda uning rangi atlasda

joylashtirilgan namuna ranglar bilan solishtiriladi va berilgan rangdan eng kam farq qiladigan atlasdagi namuna rang topiladi. O'lchash natijasi Mansella rang fazosi shkalasi bo'yicha raqamli indekslarda ifodalanadi [2].

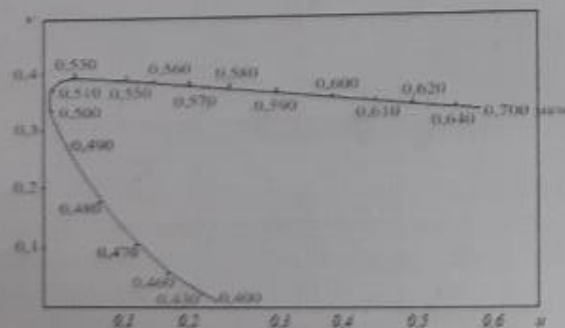
Mansella tizimi hozirgi vaqtda har xil materiallarning ranglarini aniqlashda qo'llanilmoqda. Bu tizimning eng katta kamchiligi unda olingan o'lchov natijalarini boshqa kolorimetrik tizimlarda qayta hisoblashda murakkablik tug'dirishidadir. Xuddi shu kabi tizim Ostvald tomonidan ham yaratilgan.

Mak-Adam kolorimetrik tizimi

Mak-Adam kolorimetrik tizimi teng kontrastli tizim hisoblanadi, ya'ni bu tizimda rangdorlik grafigida bir xil masofalarga bir xil vizual farqlar mos kelishladi. Bu tizim XYZ kolorimetrik tizimidan rangdorlik koordinatalarini nohiziqli almashtirish yo'li orqali olingan. Rangdorlikning yangi teng kontrastli koordinatalari u, v lar nur tarqalishining rangdorligini aniqlaydi va quyidagicha topiladi:

$$u = 4x / (-2x + 12y + 3),$$

$$v = 6y / (-2x + 12y + 3).$$



2.13-rasm. Rangdorlikning teng kontrastli grafigi

2.13-rasmda rangdorlikning teng kontrastli grafigi keltirilgan.

Mak-Adam kolorimetrik tizimi YoXK tomonidan 1960 yilda vaqtincha foydalanish uchun tavsiya etilgan.

L*a*b* kolorimetrik tizimi

L*a*b* rang sistemasi inson ko'zi orqali tabiiy ranglarni ko'rish texnologiyasiga asoslangan bo'lib, uning qiymatlari hayotiy (real) ranglarga mos keladi. Bu yirik ilmiy kashfiyot hisoblanadi. Shu sababli ham bu rang sistemaga asos solgan olimlar Devid Xyubl va Torsten Vayzel lar haqli ravishda Nobel mukofoti sovrindori bo'lishgan.

Lab - bu to'rtta asosiy va ikkita qo'shimcha, hammasi bo'lib oltita ranglardan tashkil topgan model hisoblanadi (2.14-rasm). Bunda a ning musbat qiymati qizil rangga, manfiy qiymati esa yashil rang qiymatiga mos keladi. b ning musbat qiymati sariq rangga, manfiy qiymati esa ko'k rang qiymatiga mos keladi. a va b larning qiymat qabul qilish chegaralari -120 dan 120 gacha. L ning qiymati 0-100 gacha bo'lib, rangning yorug'lik darajasini beradi. Bunda 0 qiymat qora rangni, 100 esa oq rangni anglatadi. 0 dan 100 gacha oraliqdagi raqamlar oq-qora ranglar aralashmalarini ifodalaydi.

Ta'kidlaganmizdek, ushbu CIE Lab rang sistemasi inson ko'zi bilan qabul qilinuvchi real ranglarga yaqin keladi. Shu sababli ham bu rang sistemasi yordamida rang va bo'yoq ishlari bilan bog'liq ilmiy-amaliy masalalarni hal etsa bo'ladi. Bunda albatta standartdagi rang bo'yoqlari yoki rang pigmentlaridan foydalaniladi (2.15-2.16-rasmlar).



2.14-rasm. CIE Lab rang sistemasining fazoviy ko'rinishi.



2.15-rasm. Rang bo'yoqlari.



2.16-rasm. Rang pigmentlari.

Bu tizim ham teng kontrastli tizim hisoblanadi va XYZ kolorimetrik tizimidan uning rang koordinatalarini quyidagi formula orqali almashtirish yo'li bilan olingan

$$\begin{aligned} L^* &= 116(y'/y'_n)^{1/3} - 16, \\ a^* &= 500(x'/x'_n)^{1/3} - (y'/y'_n)^{1/3}, \\ b^* &= 200(y'/y'_n)^{1/3} - (z'/z'_n)^{1/3}, \end{aligned} \quad (2.11)$$

bu yerda x'_n, y'_n, z'_n - lar XYZ tizimida tayanch oq rangning rang koordinatalari.

Bu tizimda L^* koordinata rangning vizual yorqinligini a^* - qizil va yashil ranglar nisbatni, b^* - ko'k va sariq ranglar nisbatini bildiradi. Bu kolorimetrik tizimda ikki rang o'rtasidagi to'liq rang farqi quyidagi formula bilan hisoblanadi

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}, \quad (2.12)$$

bu yerda $\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*$ - har bir rang koordinatasi uchun hisoblangan taqqoslanayotgan ranglar orasidagi masofa. (2.11) va (2.12) formulalar quyidagi shartlardagina qo'llanilasha mumkin $x'/x'_n \geq 0,01, y'/y'_n \geq 0,01, z'/z'_n \geq 0,01$.

$L^*a^*b^*$ kolorimetrik tizimi YoXK tomonidan 1976 yilda tavsiya etilgan. Ko'pgina ishlab chiqaruvchi rangshunoslar rang koordinatalarining qiymatini shu tizimda o'lchashadi. Bu kolorimetrik tizim ko'pgina Photoshop, Corel PHOTO-PAINT, CorelDRAW kabi grafik redaktorlarda qo'llaniladi. Grafik redaktorlarda bu tizimdan foydalanilganda rang koordinata qiymatlari shartli birlikka keltiriladi, bunda har xil redaktorlarda ular bir biridan o'zaro farqlanishi mumkin. Corel PHOTO-PAINT grafik redaktorida

$$0 \leq L^* \leq 100, -60 \leq a^* \leq 60, -60 \leq b^* \leq 60,$$

Photoshop grafik redaktorida esa

$$0 \leq L^* \leq 100, -128 \leq a^* \leq 127, -128 \leq b^* \leq 127 \text{ bo'ladi. Oq rang uchun}$$

$$a^* = b^* = 0$$

Ta'kidlaganmizdek, yuqorida keltirilgan rang tizimlaridan turli amaliy masalalarni hal etishda foydalaniladi. Hozirgi kunda rang texnologiyalari bilan ilmiy va amaliy ishlar olib borayotgan dunyodagi bir qator ilmiy markazlar, laboratoriyalar hamda firmalarning ish faoliyati to'g'risida quyida qisqacha ma'lumotlar keltirib o'tamiz.

➤ **HunterLab ilmiy ishlab chiqarish laboratoriyasi.** AQShda joylashgan bu laboratoriyada ranglar bilan ilmiy tadqiqotlar olib boriladi va uning tadbiqi asosan to'qimachilik fabrikalarida amalga oshiriladi. Tadqiqotlar asosan Lab rang sistemasi uchun mo'ljallangan. Bu laboratoriyaning ish faoliyati bilan to'liqroq tanishish uchun <http://www.hunterlab.com/> saytiga murojaat qilish mumkin.

➤ **BabelColor kompaniyasi.** Bu kompaniyada ham ranglarning ilmiy tadqiqotlari va amaliy tajribalari olib boriladi. Unda asosan RGB, XYZ va Lab rang sistemalarida ishlashadi. Ularni bir-biriga almashtirish usullari va rang farqlarini hisoblash kabi tadqiqotlarni olib borishadi. Kompaniyaning ish faoliyatini bilan to'liqroq tanishish uchun www.BabelColor.com saytiga kiring.

➤ **MetrologyColorLab ilmiy-texnikaviy laboratoriyasi.** Rang sistemalari, yorug'liqning optik ta'sirlarida ranglarning o'zgarishlari va ularni hisoblash usullarini taklif etishgan. Shuningdek, ranglar miqdorlarini o'lchovchi turli texnik asboblarni ishlab chiqarish va ularning ishlash prinsiplari to'g'risida ko'plab ma'lumotlarni ommaga yetkazishadi. Bu laboratoriya to'g'risida to'liqroq www.djsu.com saytida tanishishingiz mumkin.

➤ **Avantes firmasi.** Ranglarni kolorimetrik o'lchash usullari hamda o'lchash asboblarning targ'iboti va savdosi bilan shug'ullanuvchi ishlab chiqarish firmasi. www.avantes.ru saytida firmaning ish faoliyati bilan to'liq tanishish mumkin.

➤ **Techkon firmasi** Techkon firmasi. Germaniyada joylashgan bu firma ranglarni o'lchovchi qurilmalarni ishlab chiqarish, targ'ib etish va sotish bilan shug'ullanadi. Bu firmaning Rossiya va MDHdagi vakili "Mak sentr" firmasidir. Firmaning rasmiy sayti <http://www.techkon.com>.

Shuningdek, ranglar tadqiqotlari va uning amaliyotga tadbiqi bilan shug'ullanuvchi boshqa markazlarga DataColor International, CIE,

Munsell Color System, Massachusetts College of Art, Committee for graphic arts technologies standards, Federal Institute for Materials Research and Testing kabilarni misol sifatida ko'rsatish mumkin.

HLS va HSB kolorimetrik tizimlari

Dizaynerlar va rassomlarga yaxshi tanish bo'lgan bu tizimlarning nomlanishi quyidagi so'zlarning qisqartmasidan olingan: hue, lightness, saturation — rang toni, yorqinligi, to'yinganligi, birinchi holda, hue, saturation, brightness — rang toni, to'yinganlik, yorqinligi, ikkinchi holda. Mansella kolorimetrik tizimi kabi bu tizimda rang toni graduslarda beriladi, to'yinganlik va yorqinlik protsentlarda beriladi. Bu ikkala kolorimetrik tizimlar ko'pgina umumiyliklarga va ayrim farqlarga ega. HSB tizimida rangning barcha uchta koordinatasi o'zaro erkli va bu uning ustun jihati hisoblanisa, HSL tizimida L koordinata S to'yinganlikka bog'liq bo'ladi. Rang koordinatalarining o'zaro erkliligi tasvirlarni qayta ishlashda ma'lum qulayliklarni yaratadi, misol uchun, yorqinlik va rang buzilishlarini alohida tahrirlash imkoniyatini beradi.

CMY va CMYK kolorimetrik tizimlari

Bu kolorimetrik tizimlari tasvirlarni qog'ozga bosib chiqarish qurilmalari bilan ishlashda ranglar hisobi uchun mo'ljallangan. Bu kabi qurilmalarga purkovchi va lazer printerlari va bosma stanoklari kiradi. CMY kolorimetrik tizimining nomi bu tizim uchun asosiy ranglar sifatida qabul qilingan ranglarning nomlari bosh harflaridan hosil qilingan: Cyan — moviy, Magenta — qirmizi, Yellow — sariq. Bu ranglar RGB kolorimetrik tizimda foydalaniladigan asosiy ranglar (qizil, yashil, ko'k)ga qo'shimcha hisoblanadi. CMYK kolorimetrik tizimida qo'shimcha yana bitta rang koordinatasi K — asosiy qora rang kiritilgan. Bu qo'shimcha rangning kiritilishi bosib chiqarishda ranglar sarfini qisqartirish hamda tasvirlarda qora va kulrang tonlar sifatini yaxshilash imkoniyatini beradi. Bu kolorimetrik tizimlar ham rangli tasvirlarni bosib chiqarishga tayyorlash uchun mo'ljallangan zamonaviy grafik redaktorlarda qo'llaniladi.

Bu rang sistemasi asosan rangli printerlar uchun mo'ljallangan rang sistemasi hisoblanadi. Bunda CMYK: Cyan-havorang, Magenta-binafsha (siyoh) rang, Yellow-sariq, Key-kalit (qora) ma'nolarini anglatadi (2.17-rasm).



2.17-rasm. CMYK rang sistemasi.



2.18-rasm. RGB kolorimetrik tizimida rangli tasvir komponentalari

Xulosa qilib shuni aytishimiz mumkinki, yuqorida bugungi kunda qo'llaniladigan barcha kolorimetrik tizimlar keltirilmadi, balki raqamli tasvirlarni qayta ishlash uchun muhim deb hisoblanuvchi ayrim tizimlar keltirildi. Quyidagi kolorimetrik tizimlar bu yerda keltirilmasdan qoldi: $U^*V^*W^*$, $S\bar{O}W^*$, $L^*U^*V^*$, NTSC va boshqalar. Ular haqidagi to'liqroq ma'lumotlar ushbu adabiyotlarda keltirilgan [2, 18].

Kolorimetrik tizimlar bir biridan o'zaro farq qilishiga qaramasdan, ular uchun umumiy bo'lgan bitta xususiyat kuzatiladi, ya'ni tasvirdagi har xil rang komponentalariga konturlar aro kuchli korrelyatsion bog'liqlikning mavjudligi. 2.18-rasm bu aytilgan fikrni ko'rsatib turibdi. Bu quyidagicha izohlanadi, kontur bilan chegaralangan soha bo'ylab rang nisbatan sust o'zgaradi, bir ob'ektdan boshqa ob'ektga

o'tganda esa kuchli o'zgarish kuzatiladi.

2.8. Rang modellari (sistemalari)ni o'zaro bir-biriga matematik almashtirish usullari

Энди стандарт rang sistemalarini bir-biriga matematik almashtirish usullari bilan tanihamiz.

Бир rang sistemasidan ikkinchi rang sistemasiga ўтишни “→” каби белги билан ифодалаймиз. Масалан, RGB rang sistemasidan ISH rang sistemasiga ўтиш усули учун RGB→ISH каби белгилашдан фойдаланамиз. Демак, бошладик.

RGB → ISH .

Бунда ISH rang sistemasini I –қувват, S –тўйинганлик ва H –ranglilik каби тушунилади. RGB дан ISH rang sistemasiga ўтиш формуласи куйидаги кўринишга эга.

$$\left. \begin{aligned} I &= (r + g + b) / 3 \\ S &= 1 - \min(r, g, b) / I \\ H &= \arctan \left(\frac{\sqrt{3}(g - b)}{(2r - g - b)} \right) \end{aligned} \right\},$$

$$\text{бу ерда, } r = \frac{R}{R+G+B}; \quad g = \frac{G}{R+G+B}; \quad b = \frac{B}{R+G+B}$$

RGB → YUV.

$$\left. \begin{aligned} Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\ U &= -0.147R - 0.289G + 0.437B \\ V &= 0.615R - 0.515G - 0.100B \end{aligned} \right\}$$

RGB → XYZ .

$$\left. \begin{aligned} X &= 0.607R + 0.1740G + 0.200B \\ Y &= 0.299R + 0.5870G + 0.114B \\ Z &= 0.000R + 0.0660G + 1.116B \end{aligned} \right\}$$

XYZ → RGB.

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.240479 & -1.537150 & -0.498535 \\ -0.969256 & 1.875992 & 0.041556 \\ 0.055648 & -0.204043 & 1.057311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

XYZ → Lab.

$$\begin{aligned} L^* &= 116f(Y/Y_n) - 16, \\ a^* &= 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)], \\ b^* &= 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]. \end{aligned}$$

бу ерда,

$$f(t) = \begin{cases} t^{1/3}, & \text{агар } t > (6/29)^3 \\ \frac{1}{3} \left(\frac{29}{6}\right)^2 t + \frac{4}{29}, & \text{акс холда.} \end{cases}$$

$$X_n = 96,720; \quad Y_n = 100; \quad Z_n = 81,427.$$

Lab системасига ўхшаш (яқин) бўлган Luv системасига қўйидагича ўтилади.

$$\begin{cases} u = 13 W(4X/(X+15Y+3Z) - 0.199) \\ v = 13 W(6Y/(X+15Y+3Z) - 0.308) \end{cases}$$

Lab → XYZ.

$$\begin{aligned} X &= X_n \cdot (P + a^*/500)^3 \\ Y &= Y_n \cdot P^3 \\ Z &= Z_n \cdot (P - b^*/200)^3 \end{aligned}$$

бу ерда $P = (L^* + 16) / 116$.

RGB → PHS.

$$\left. \begin{aligned} P &= \sqrt{R^2 + G^2 + B^2} \\ H &= \arctan\left(\frac{\sqrt{2}(B-R)}{\sqrt{2}G - R - B}\right) \\ S &= \arccos\left(\frac{R + \sqrt{2}G + B}{2P}\right) \end{aligned} \right\}$$

RGB → YIQ.

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

YIQ → RGB.

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956 & 0.621 \\ 1 & -0.272 & -0.647 \\ 1 & -1.105 & 1.702 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

RGB → CMYK.

$$\left. \begin{aligned} C &= 1 - (R/255) \\ M &= 1 - (G/255) \\ Y &= 1 - (B/255) \\ K &= \text{Min}(C, M, Y) \end{aligned} \right\}$$

CMYK → RGB.

$$\left. \begin{aligned} R &= (1 - C) \cdot 255 \\ G &= (1 - M) \cdot 255 \\ B &= (1 - Y) \cdot 255 \end{aligned} \right\}$$

$$H = \text{Cos}^{-1} \left\{ \frac{\frac{1}{2} [(R-G) + (R-B)]}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\},$$

$$S = 1 - \frac{3}{R+G+B} [\min(R, G, B)],$$

$$V = \frac{1}{3}(R+G+B),$$

HSV \rightarrow RGB .

1) $0^\circ < H \leq 120^\circ$ учун

$$b = \frac{1}{3}(1-S), \quad r = \frac{1}{3} \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right], \quad g = 1 - (r+b).$$

2) $120^\circ < H \leq 240^\circ$ учун

$$r = \frac{1}{3}(1-S), \quad g = \frac{1}{3} \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right], \quad b = 1 - (r+b).$$

3) $240^\circ < H \leq 360^\circ$ учун

$$g = \frac{1}{3}(1-S), \quad g = \frac{1}{3} \left[1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right], \quad r = 1 - (r+b).$$

RGB \rightarrow HLS .

$$p = \begin{cases} 0, & \text{azap max} = \min \\ \left(60^\circ \times \frac{g-b}{\max-\min} + 360^\circ \right) \bmod 360^\circ, & \text{azap max} = r \\ 60^\circ \times \frac{b-r}{\max-\min} + 120^\circ, & \text{azap max} = g \\ 60^\circ \times \frac{r-g}{\max-\min} + 240^\circ, & \text{azap max} = b \end{cases}$$

$$l = \frac{1}{2}(\max + \min)$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{azap max} = \min \\ \frac{\max-\min}{\max+\min} = \frac{\max-\min}{2l}, & \text{azap } l \leq \frac{1}{2} \\ \frac{\max-\min}{2-(\max+\min)} = \frac{\max-\min}{2-2l}, & \text{azap } l > \frac{1}{2} \end{cases}$$

2.9. Rangli tasvirlarni ekranga va bosmaga chiqarish

Real sahna kuzatilanda ko'z to'r pardasiga tabiatda mavjud barcha ranglarni o'z ichiga olgan tasvir proektsiyalanadi. Bunga sabab, bu tasvirni hosil qiluvchi nurlanishning spektral tarkibi hech qanday chegaralanmagan. Biroq televizor ekranidagi tasvir, fotografiya yoki bosib chiqarilgan mahsulotlarda rangli tasvirni kuzatishda boshqa holat bo'ladi. Bunda ranglar chekli sondagi komponentalardan sintez qilinadi, misol uchun, kompyuter ekrani monitoridagi rangli tasvir yoki rangli fotografiya holatida uchta rangdan foydalaniladi. Bunday tasvirlarni taqdim qilishda foydalaniladigan chekli sondagi komponentalar chegaralangan rang diapazonini hosil qilish imkoniyatini beradi. Bu muammoni batafsil ko'rib chiqamiz.

Ma'lumki, tasvirni hosil qilishda rangni olishning ikki usulidan foydalaniladi: subtraktiv va additiv. Rang hosil qilishning *subtraktiv usuli* shundan iboratki, oq rang bo'yalgan muhit orqali o'tkaziladi (rang filtri), natijada uning spektral tarkibining ma'lum qismi yutiladi. Bunga mos ravishda hosil qilingan rang yorqinligi berilgan oq rang

yorqinligidan past bo'ladi.

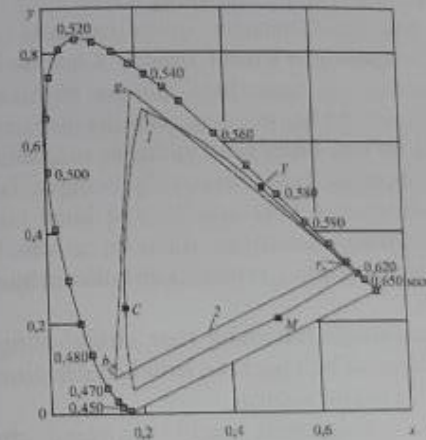
Additiv usulda rang hosil qilishning mazmuni shundan iboratki, bo'yalgan yorug'lik oqimlari aralashiriladi (yig'iladi), yangi rang hosil qilinadi. Subtraktiv usuldan farqli ravishda, additiv usulda natijaviy rang yorqinligi aralashirilayotgan ranglar yorqinligidan yuqori bo'ladi va ularning yig'indisiga teng bo'ladi.

Subtraktiv usul raqamli fotografiyada fotokartochka tayyorlashda, slaydlar tayyorlashda, bukletlar yaratishda, rangli kinoda qo'llaniladi. Rangli slaydlarni mozaykali rangli tasvir hosil qiluvchi elementar rangfiltrlari to'plami sifatida qarash mumkin. Elementar rangfiltrlari ularni tashkil qilgan uchta qatlamdan iborat: zangori, qirmizi va sariq, va ularning har biri yorug'likning o'z spektri bo'yicha 1/3 qismini yutadi. Bo'yalgan qatlamlar yutush koeffitsientlari qiymati elementar rangfiltri rangini aniqlaydi. Rang qamrovini, ya'ni rangli fotografiyada taqdim qilinayotgan ranglar sohasini uchlarida fotomaterialning asosiy ranglari joylashtirilgan rang uchburchagi yordamida baholash mumkin. Qaralayotgan holatda uchburchak ichida yotgan barcha ranglar taqdim qilinadi, uchburchakdan tashqarida yotgan ranglarni esa taqdim qilib bo'lmaydi. Rang uchburchagining uchlaridagi ranglar bugungi kunda ishlatilayotgan bo'yovchi moddalarda (zangori, qirmizi va sariq) qizil, yashil va ko'k bo'ladi. Aniq tahlillar shuni ko'rsatadiki, qaralayotgan holat uchun taqdim qilinayotgan ranglar sohasi to'g'ri chizikli emas, balki 2.19-rasmda ko'rsatilganidek egri chizikli uchburchak bilan aniqlanadi. Bu quyidagicha izohlanadi, ya'ni additiv usuldan farqli ravishda subtraktiv usulda rang hosil qilishda natijaviy rang berilgan rang nuqtalarini tutashtiruvchi to'g'ri chiziq kesmasida emas, balki egri chiziq kesmasida joylashadi. Bu haqdagi to'liq ma'lumotlarni [7] dan topish mumkin.

Tasvirni kineskop yoki suyuq krista panel ekraniga chiqarishda, hamda ularni bosib chiqarishda rang hosil qilishning additiv usulidan foydalaniladi.

Rasvimi ekranga chiqarishda, misol uchun kineskop ekraniga, tasvirda rang qizil, yashil va ko'k ranglarini aralashtirish yo'li orqali hosil qilinadi. Bu uch rang esa uchta skanerlanuvchi elektron nur ta'siri ostida uning mozayka ekranida lyuminoforlarning uch turdagi dog'i ko'rinishida hosil qilinadi. Yoritilayotgan lyuminafor dog'lari orasidagi masof millimetrling o'ndan bir ulushicha, dog'ning o'lchami ham taxminan shuncha bo'ladi. Bu esa ko'ruvchilarga bu ranglarni fazoviy

aralashirilganday ko'rinadi. Bu hol uchun taqdim qilinayotgan ranglar sohasi uchlarida lyuminoforlarda ishlatiladigan spektrlar bilan aniqlanuvchi ranglar joylashtirilgan rang uchburchagi bilan aniqlanadi. 2.19-rasmda NTSC rangli televideniya tizimi uchun qabul qilingan lyuminoforlar ranglarini tashkil qiluvchi rang uchburchagi ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, yashil rangning ko'pgina qismini kineskop ekranida ko'rsatib bo'lmaydi, shunga qaramasdan buning tasviri vizual sifatiga ta'siri deyarli sezilmaydi. Bunga sabab, rangdorlikning bu sohasida ko'rishning rang farqlashi paysayadi (2.19-rasmga qaralsin).



2.19-rasm. Rang grafiqi: 1 — fotomaterialning rang qamrovi, 2 — NTSC kineskopning rang qamrovi

Kineskop ekraniga tasvirni chiqarish bilan bog'liq rang hisoblarini bajarishni qulaylashtirish maqsadida ayrim hollarda uning kolorimetrik tizimi yaratiladi va bunda asosiy ranglar sifatida lyuminoforlarning yoritilish ranglaridan foydalaniladi. Shu tarzda tayanch sifatida S turdagi oq rang ishlatiladigan NTSC kolorimetrik tizim yaratilgan. Bunda rangdorlik koordinatalari: qizil

$$r_N \quad x=0,67, y=0,33, \text{ yashil} \quad g_N \quad x=0,21, y=0,71, \text{ ko'k}$$

$b_N \quad x=0,14, y=0,08$, yorqinlik esa quyidagi formula bilan aniqlanadi

$$L = 0,3r_N + 0,59g_N + 0,11b_N.$$

Suyuq kristalli va plazmali panellardan foydalanishda ham xuddi shunday yo'l tutiladi.

Tasvirlarni bosmaga chiqarishda rastrlash usulidan foydalaniladi. Bu usulning asosida har bir yacheyka rastr elementi (piksel) sifatida aniqlanuvchi tasvirni rastga yoyish yotadi. Odatda tasvirni bosmaga chiqarishda kerakli rang to'rtta rangni aralashtirish yo'li orqali hosil qilinadi: zangori, qirmizi, sariq va qora. Bu uch rangga qora rangni qo'shilishiga sabab, bosib chiqarishda qo'llaniladigan bo'yoqlardagi aralashmalar bilan kulrang va qora tuslarni hosil qilishga erishilmaydi. Buning o'rniga ifloslangan jigarrang tus hosil bo'ladi. Raster elementidagi aralashtirilayotgan ranglarning har birining to'yinganligi dog'lardan iborat nuqtalar o'lchami va qo'shilgan qora rang miqdori bilan aniqlanadi. Nuqtaning o'lchami qancha katta bo'lsa, ya'ni u qancha ko'p miqdordagi dog'lardan hosil qilingan bo'lsa va qora rang qancha kam qo'shilgan bo'lsa bu rang shuncha to'yingan bo'ladi. Aksincha, berilgan bo'yoq bilan hosil qilingan nuqtaning o'lchami nolligi qog'ozning berilgan rastr elementida berilgan bo'yoq bilan qoplash amalga oshirilmagan yoki qora bo'yoq bilan hosil qilingan nuqta bilan qoplash amalga oshirilgan. Rang bir qancha bo'yoqlarni aralashtirish natijasida hosil qilingan murakkab hollar uchun ham xuddi shu kabi ish tutiladi.

Bosib chiqarilgan rangli tasvirning rastr tarkibi normal kuzatuv sharoitida sezilarli darajada bo'lmasa, tasvirni kattalashtiruvchi shisha ostida ko'rilganda juda yaxshi seziladi.

Bosib chiqarish mashinalarida rangli tasvirlarni chop etishda ranglarni ajratish bosma shakllari ishlab chiqiladi va ularning har biri o'zining tasvirga mos rastr ko'rinishida ifodalangan rang komponentasini qog'ozga o'tkazadi. Bosib chiqarilgan tasvir rastr tarkibi sezilarligini kamaytirish uchun zangori, qirmizi, sariq va qora rastrlar gorizantal o'qqa nisbatan har xil burchakka buriladi. Misol uchun, eng sezilarli bo'lgan rastrning qora komponentasi 45°ga buriladi, bunda qora rastr shaxmatli tuzilishni oladi, ya'ni tasvirni fazoviy diskretlashda eng qulay tuzilishni oladi. Qolgan rastrlarning taklif qilinayotgan burish burchaklari: zangori uchun — 105°, qirmizi uchun — 75°, sariq uchun — 90° yoki 0°. Bunda rastrlar o'zaro bir-birini qoplashi ham mumkin, qoplamasligi ham mumkin. To'rt rangli bosib chiqarishda ranglarni aks ettirishning yuqoridagi xususiyatlari tufayli ranglarni aks ettirish sohasi qog'ozda rangli fotografiya va

monitor ekranidagiga nisbatan kichik bo'ladi.

RGB kolorimetrik tizimidan CMYK kolorimetrik tizimiga ranglarni almashtirishdagi hisoblar yetarlicha murakkab bo'ladi.

Ranglari ajratilgan tasvirlarni olish uchun ranglarni ajratishning maxsus dasturlaridan foydalaniladi, ularning ayrimlari grafik muharrirlar tarkibida bo'ladi, misol uchun, Photoshop, Corel PHOTO-PAINT va boshqalar. Bunda almashtirishning quyidagi variantlari bo'lishi mumkin.

□ *Persepsion*. Joriy tasvirdagi ranglarning nisbatlarini saqlab qoladi, bunda rangning o'zi o'zgarishi mumkin.

□ *To'yinganlikni saqlash bilan*. Joriy tasvirdagi to'yinganliklar nisbatlarini saqlanishi ta'minlanadi, bunda ham rangning o'zi o'zgarishi mumkin.

□ *Nisbiy kolorimetrik*. Berilgan tasvirning bosib chiqarish qurilmasining ranglarni aks ettirish sohasiga kiruvchi ranglari saqlab qolish ta'minlanadi. Sohadan tashqarida bo'lgan ranglar esa yorqinligi shunday bo'lgan boshqa ranglar bilan almashtiriladi.

□ *Absolyut kolorimetrik*. Oq nuqtalarni o'chirib qo'yishni ta'minlaydi. To'rt rangli bosib chiqarish qizil rangni yaxshi aks ettiradi, biroq ko'k, yashil, pushtirang, binafsharang va jigarrang ranglarni yorqin aks ettirishi mumkin emas.

Bu kamchilikni bartaraf etish maqsadida bosib chiqarishning *HiFiColor* deb nomlanuvchi yangi texnologiyasi ishlab chiqilgan. Buni amalga oshirishning bir qator variantlari mavjud bo'lib, bu variantlarning umumiyligi bosib chiqarish uchun ranglar sonini kengaytirish hisoblanadi. Misol uchun, *HiFiColor 300* tizimida yorqin qizil, yashil va ko'k ranglar olish uchun yetti xil har xil bo'yoqlardan ishlatiladi. *Hexachrome* tizimida CMYK ranglariga qo'shimcha yana ikki rang, to'q sariq va yashil qo'shilgan. Hewlett Packard firmasida ishlatilgan tizimlarda purkovchi printerlarda rasmlarni bosib chiqarish uchun oltita rang qo'llaniladi [3].

2.10. Ranglarni boshqarish, kalibrovkalash, CMS tizimi asoslari

Kompyuter texnologiyalarining rivojlanishi kichik nashriyot tizimlarini yaratish va qo'llashga olib keldi va bularda kompyuter grafikasi muhim o'rinlardan birida turadi. Tasvirlarni bosib chiqarishga tayyorlashda grafik muharrirlardan foydalanish bosib chiqarilayotgan

mahsulot sifatini oshirib, bunga ketadigan vaqtni qisqartirib poligrafiyaning imkoniyatlarini kengaytirmoqda. Bunda bir texnologik jarayonga quyidagilar kiritilgan bo'ladi:

□ tasvirlarni kiritish qurilmasi: skanerlar, videokameralar, raqamli fotoapparatlar;

□ tasvirlarni kompyuterda qayta ishlash jarayonlarini nazorat qilish uchun ishlatiladigan monitorlar;

□ tasvirlarni bosib chiqarish qurilmalari, bunga purkovchi va lazerli printerlar, har xil turdagi bosib chiqarish stanoklarini kiritish mumkin.

Bir qator sabablarga ko'ra bu qurilmalar har xil kolorimetrik tizimlarda yoki boshqacha aytganda har xil rang modellarida ishlaydi. Bu qurilmalarning tasvirlarda ranglarni aks ettiruvchi rang fazosida aniqlangan asosiy ranglari ustma ust tushmaydi. Misol uchun, kompyuter monitorida ishlatiladigan kineskoplarning asosiy ranglari ishlatilayotgan lyuminoforlar turi bilan aniqlanadi, chunki har xil turdagi monitorlarda nurlanishning spektral xarakteristikalari bilan o'zaro farqlanuvchi lyuminoforlar ishlatiladi. Suyuq kristalli panellardan foydalanilganda ham shunga o'xshash holat o'rinli bo'ladi. Nashriyotda ham shunga o'xshash holat o'rinli, bunda aks ettiruvchi ranglarning ranglar fazosi bosib chiqariladigan qog'oz sorti va poligrofik bo'yoqqa bog'liq holda o'zgaradi. Bundan tashqari, ushbu bog'lanishga kiritilgan qurilmalarning har birining xarakteristikalari (rang profillari) vaqt o'tishi bilan o'zgaradi. Agar bularning barchasi e'tiborga olinmasa, bosib chiqarilgan tasviri asl tasvimga ranglarini to'g'ri takrorlashini kutish mumkin emas. Tasviri chop etishga tayyorlashning barcha bosqichlarida ranglarni boshqarish zarurati shundan kelib chiqadi. Rangni boshqarish muammosining mohiyati tizimdagi har bir bo'g'inining barqaror rang profillarini o'zaro muvofiqlashtirish va saqlashdan iborat.

Rangni boshqarish texnologiyasining birinchi va asosiy komponenti tasvirlarni chop etishga tayyorlashda ishlatiladigan barcha qurilmalarni kalibrovkalashdir. Kalibrovkalash - bu tizimdagi har bir qurilmani ishlab chiqaruvchining spesifikatsiyasiga muvofiq ranglarni berishi uchun sozlash jarayoni.

Kalibrash jarayonini birinchi navbatda electron nur trubkasidan foydalanadigan monitorni o'z ichiga olgan tizim misolida ko'rib chiqamiz. Kalibrovkalashni monitordan boshlash tavsiya etiladi, chunki monitor tizimdagi barqarorligi eng past qurilma bo'lib, kamida oyiga

bir marta kalibrovkalash kerak. Kalibrovkalashni boshlashdan oldin, uning xususiyatlari barqarorlashishi uchun uni yarim soat ishlashiga ruxsat berish kerak. Ham apparat, ham qo'lda kalibrovkalash usullari qo'llaniladi. Uskunani kalibrovkalash moslamalari odatda ekranga so'rg'ichda maxkamlangan datchikdan va kalibrovkalash dasturidan iborat. Ushbu qurilmalar monitoring "oq"ini oldindan belgilangan rang haroratiga moslashtiradi, bu esa monitor tomonidan qayta ishlab chiqarilgan barcha boshqa ranglarni avtomatik ravishda moslashtiradi. Ushbu qurilmalar monitoring "oq"ini ma'lum bir rang haroratiga moslashtiradi, bu esa monitor tomonidan qayta ishlab chiqarilgan barcha boshqa ranglarni avtomatik ravishda moslashtiradi. Bundan tashqari, ushbu qurilmalar yordamida yorug'lik balansi va uzatish funksiyasini (yorug'lik xarakteristikasi) sozlash mumkin. To'g'ri sozlash kulrang tonlarning maksimal neytralligini ta'minlashga imkon beradi. Apparati kalibrash uskunalarining natijalarini diskka yoziladigan ISS profili ko'rinishida saqlashga imkon beradi. Profilni saqlash undan boshqa monitorlarni sozlash uchun foydalanish imkonini beradi.

Qo'lda kalibrash usuli bilan odatda grafik muharrirga birlashtirilgan maxsus dasturiy ta'minot moduli ishlatiladi - Adobe Photoshop bo'lgan holda bu Adobe Gamma bo'ladi.

Qo'lda kalibrash ish olib boriladigan yorug'lik muhitini standartlashtirishdan boshlanishi kerak. Avvalo, yorug'lik va devorlarning yorug'ligi neytral ekanligiga ishonch hosil qilish kerak. Rasmlar yaqinidagi yorqin chiroqlar yorug'likni idrok etishni buzadi. Haqiqiy kalibrashni kalibrash dasturiy moduli o'z ekranida ko'rsatadigan sinov tasviriga muvofiq monitoring yorqinligi va kontrasti sozlamalarini o'rnatish bilan boshlash kerak. Ushbu sozlash monitorni boshqarish tugmalari yordamida amalga oshiriladi. Keyinchalik, kalibrash dasturi tomonidan taqdim etilgan ro'yxatda monitor turini tanlash kerak va agar ro'yxatda kerakli turdagi monitor bo'lmasa, lekin foydalanuvchi monitor kineskopida ishlatiladigan lyumenofoflarning texnik ma'lumotlarini bilsa, ushbu ma'lumotlarni onlayn kiritish lozim. Shundan so'ng, kineskopning uzatish funksiyasini (yorug'lik xarakteristikasini) aniqlaydigan gamma qiymatini belgilash kerak. Ushbu sozlash, shuningdek, kalibrash moduli tomonidan ekranda ko'rsatiladigan maxsus sinov tasviriga muvofiq amalga oshiriladi. Gamma qiymatini sozlashda ikkita

imkoniyat ko'zda tutilgan, xususan kulrang komponent uchun uning kerakli qiymatlarini tanlash, ya'ni bir vaqtning o'zida uchta yorug'lik komponenti uchun yoki har bir komponent uchun alohida-alohida kerakli qiymatlarni tanlash mumkin. Nihoyat, tayanch oq nurining yorug'lik harorati o'rnatiladi, Garchi rangli tasvirlar uchun standart 5000 K yorug'lik haroratini talab qilsa-da ko'pincha yorug'lik harorati 6500 K qilib o'rnatiladi. Kalibrash natijalari ISSning yorug'lik profili sifatida saqlanadi. Endi, suyuq kristalli panelni ishlatadigan monitorni qo'lda kalibrash xususiyatlarini ko'rib chiqaylik. Bunday holda, elektron nur trubka monitorida bo'lgani kabi, oq rangdagi yorqinlik darajasini birinchi navbatda sinov namunasi yordamida o'rnatish va quyidagi fikrlarga amal qilish kerak. Ushbu parametrlarni sozlashda orqa yorug'likning yorqinligini o'zgartirish hisobiga bir vaqtning o'zida butun dinamik diapazonda yorqinlik darajasi o'zgaradi. Yorqinlik darajasini pasaytirish tasvirning chuqur soyalaridagi detallarning farqlanmasligiga olib keladi, chunki ularning kontrasti ko'rishning differentsial chegarasidan past bo'ladi, bu vizual tizimning kichik kontrastlarni ajratish qobiliyatini belgilaydi (3.3-bo'limga qarang). Keyingi qadam kontrastni o'rnatishdir. Kontrastni sozlashda qora darajaga mos keladigan signal o'zgar olmaydi, boshqa darajalarga mos keladigan signallar esa ularning raqamli qiymatlariga mutanosiblikni saqlagan holda o'zgaradi. Kontrastni pasaytirish buning natijasida yuzaga keladigan barcha oqibatlari bilan oq rangdagi yorqinlikning pasayishiga olib keladi va kontrastning haddan tashqari oshishi oq sohada yorqinlikning cheklanishiga olib keladi, chunki suyuq kristall panelning yorug'lik xarakteristikasi C shaklida bo'ladi. Oq rangdagi cheklovning natijasi yorqin detallarni ajratishning yo'qolishidir. Va nihoyat, asosiy RGB ranglarining intensivligini kanallar bo'yicha moslashtirish yo'li orqali oq yorug'likning rang haroratini belgilash kerak bo'ladi. Rangli tasvirlar bilan ishlash uchun rang harorati 5000 K standart bo'lishiga qaramasdan, bu yerda ham elektron nur trubkali monitorlarda bo'lgani kabi ko'p hollarda rang haroratini 6500 K qilib o'rnatiladi. Kalibrash natijalari ISSning yorug'lik profili sifatida saqlanadi.

Monitorni kalibrash tugagach, skanerni kalibrashga o'tiladi. Barabonli skanerlar, yuqori darajadagi planshet skanerlari, shuningdek, diapozitivlardan rasmlarni kiritish uchun mo'ljallangan skanerlar har bir yoqishda avtomatik ravishda kalibrlanadi. O'rta sinfdagi planshet

skanerlarini ushbu maqsad uchun maxsus kalibrash dasturlaridan va skanerlar bilan birga kulrang yarim ton yoki rangli shablonlar shaklida yetkazib beriladigan etalon rasmlaridan foydalangan holda qo'l bilan kalibrash zarur.

2 Bob bo'yicha nazorat savollari

1. Nima uchun ranglarni hosil qilish uchun uchta asosiy rangdan foydalaniladi?
2. Ko'rishning uch komponentali tabiati haqidagi gipoteza kim tomondan ilgari surilgan?
3. Rang tenglamalari bo'yicha tajribani tushuntirib bering.
4. Ranglarni tengligi aksiomalari nima uchun ishlatiladi?
5. Ranglarni aralashirishning uchunchi qonuni nimadan iborat?
6. Ranglarni qo'shish qonunini izohlab bering.
7. Ranglarni ayirish qonunini tushuntirib bering.
8. Kolorimetrik tizim yaratish uchun qanday talablar qo'yiladi?
9. RGB poloremtrik tizimini sharhlab bering.
10. XYZ kolorimetrik tizimlarining afzalligi va kamchiligi nimalardan iborat?
11. Ikki rang aralashmasidan xosil bo'lgan rang koordinatalari qanday aniqlanadi?
12. Uch rang aralashmasi rangini aniqlashda qanday koordinatalardan foydalaniladi?
13. Rang temperaturasi deganda nima tushiniladi?
14. Mansella kolorimetrik tizimi asosida nima yotadi?
15. Lab kolorimetrik tizimini tushuntirib bering.
16. HLS va HSB kolorimetrik tizimlari haqida fikr bildiring.
17. CMY va CMYK kolorimetrik tizimi nima uchun kiritilgan?

3 Bob

Ko'rish tizimi va tasvirlarni qabul qilish

3.1. Tasvirlarni qayta tiklash sifatini baholash muammolari

Tasvirlarni sur'atga olish, uzatish va taqdim etish jarayonlarida rasmlarga buzilishlar(xato ko'rsatishlar) va shovqinlar qo'shiladi. Buzilishlar chiziqli (chastotali), nochiziqli, rangli va geometrik bo'lishi mumkin.

Chastotali buzilishlar amplituda-chastotali va faza-chastotali buzilishlarga bo'linadi.

Amplituda-chastota buzilishlarida spektrning turli chastotali komponentlar orasidagi boshlang'ich amplituda munosabatlari o'zgaradi.

Faza-chastota buzilishida spektrning chastota komponentlarining dastlabki fazalari o'zgaradi. Nochiziqli signal buzilishlari signalning lahzali qiymatlar orasidagi dastlabki bog'liklar buzilganligida namoyon bo'ladi.

Rang buzilishlarida ranglar to'g'ri uzatilmaydi. So'ngisi, geometrik buzilishda sahnada ko'rsatilgan ob'ektlarning shakli o'zgaradi. Bu buzilishlarning barchasi tomoshabin tomonidan turlicha qabul qilinadi. Tasvirlarning amplituda-chastotali buzilishlari uzatiladigan yorug'lik va rang chegaralari turidek va tasvirni keyingisiga ergashgan buzilishlar ko'rinishida namoyon bo'ladi.

Shunday qilib, spektrning yuqori fazoviy chastotalarining susayishi aniq yorug'lik va rang chegaralarining xiralashishiga olib keladi va spektrning pastki fazoviy chastotalarining susayishi tasvirda soya deb ataladigan narsalarning paydo bo'lishiga sababchi bo'ladi.

Agar tasvir axromatik bo'lsa, tasvirning o'tkir yorug'lik chegarasi bo'lsa yorug'roq detallardan keyin soyalar cho'zilgan to'qroq davomiyliklarni tashkil qiladi, aksincha to'qroq detallardan keyin davomiyliklar yorqinroq bo'ladi.

Rangli tasvirlarga, ularga rangli soyalar qo'shiladi, ular o'tkir rang o'tishlari bilan yorqin rangli tafsilotlardan keyin qo'shimcha rangdagi cho'ziq davomiyliklar hisoblanadi. Tasvirlarning fazoviy spektridagi faza-chastotali buzilishlar, ularning turiga qarab, tasvir detallarining konturlanishiga, takrorlanishlar paydo bo'lishiga va boshqa keraksiz hodisalarga olib kelishi mumkin. Shuni ta'kidlash kerakki, insonning

ko'rish tizimi faza-chastotali buzilishlarga juda sezgir.

Tasvir signalining nochiziqli buzilishi yorqinlik gradatsiyasini uzatishda xatolarga, shuningdek, rangli gammaning noto'g'ri uzatilishiga olib keladi.

Tasvirlarni uzatishda, rang va geometrik buzilishlarnig kichik o'lchamini ta'minlashga e'tibor berish kerak. Buzilish va xalaqitlar tasvirni ko'rsatishda sifatini pasaytiradi va ularni baholash uchun miqdoriy mezonlar zarur bo'ladi.

Ehtimol, yulduz tasvirini optik qurilma yordamida ko'rsatish sifatini baholash uchun taklif qilingan birinchi mezonlardan biri Reley mezoni bo'lgan. Reley mezonidan foydalanib, ijro etish sifatining faqat bitta xususiyati, ya'ni piksellar soni baholandi.

Biroq, fotografiyaning rivojlanishi allaqachon tasvirni ko'rsatish sifatini piksellar sonini aniqlash muhim bo'lsada, faqat bitta shu parametrga asoslanib baholash yetarli emasligini ko'rsatdi. Fotografik tasvirlarning ko'rsatish sifatini baholash uchun tasvirda donsimon shovqinlar, parda mavjudligi sababli kontrastni ko'rsatish cheklanishini, geometrik buzilishlarni hisobga olish kerak edi, bunga optikaning nomukammalligi va boshqa bir qator omillar sababchi edi. Rangli fotografiya, kino va televideniyaning paydo bo'lishi muammoni yanada murakkablashtirdi.

Akromatik tasvirlarni qayta ishlab chiqarish sifatini baholash uchun tez-tez ishlatiladigan eng oddiy mezon - bu tasvir egallagan yorqinlikning dinamik diapazoniga normallashtirilgan o'rtacha kvadratlik baho:

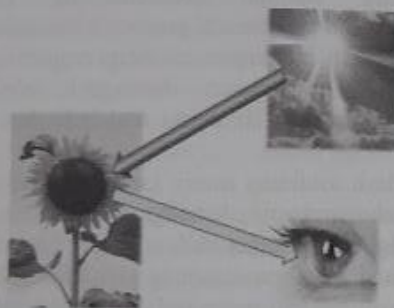
$$\sigma = \frac{\sqrt{\{L_c(x,y) - L_B(x,y)\}^2}}{L_{(C,Max)}} \quad (3.1)$$

Ushbu formulada quyidagi belgilar qo'llaniladi: $L_c(x,y)$ - (x,y) koordinatali nuqtada buzilmagan tasvirning yorqinligi, $L_B(x,y)$ - xuddi shu nuqtada buzilishlarni o'z ichiga olgan tasvirning yorqinligi, $L_{C,Max}$ - yorqinlikning dinamik diapazonini belgilaydigan buzilmagan tasvirdagi maksimal yorqinlik qiymati, yorqinlikning dinamik diapazonini belgilaydi. Kvadrat qavslar ustidagi chiziq tasvirning butun maydoni bo'ylab o'rtacha hisoblash belgisidir.

Ushbu mezonning shubhasiz afzalligi - uni hisoblash va



3.1-rasm. Oq nurning prizmagga ta'siri orqali ranglarni hosil qilish



3.2-rasm. Yorug'lik ta'sirida jism sirtida rang hosil bo'lishi

Fizika (optika) kursidan ma'lumki, tabiatda ranglar oq nur (yorug'lik) ning jism sirtiga tushishi va sinishi oqibatida paydo bo'ladi va bu ranglar bizning ko'zimizga ko'rinadi (3.2-rasm). Ta'kidlash kerakki, oq nur tabiiy sharoitda quyoshdan keladi, shu bilan birga boshqa yoritish vositalari (masalan, cho'g'lanma lampochka) yordamida ham sun'iy yorug'likni paydo qilishimiz mumkin. Qorong'u sharoitda (yorug'lik bo'lmaganda) ko'zimiz ranglarni payqamaydi va ob'ektlarni ko'ra olmaymiz.

Ko'z strukturasi asosiy optik elementlariga muguz parda (ko'zning eng ustki tiniq pardasi), ko'zning rangdor pardasi, ko'z qorachig'i, ko'z gavhari va to'r pardalar kiradi (3.3-rasm). Ushbu elementlar orqali qabul qilingan tasviriy axborotlar ko'rish nervi orqali miyaga yetib boradi.

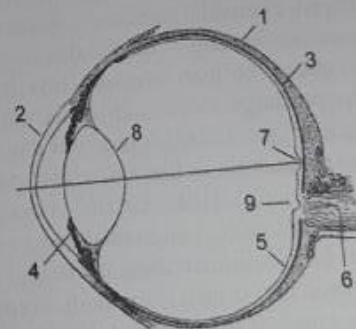
3.3-rasmda ko'zning bir qismi ko'rsatiladi. Ko'zning sklera deb ataladigan tashqi qismi oq elastik membrana bo'lib, old qismida shaffof

shox pardaga o'tadi. Shox parda ostida kamalak parda, ko'z gavhari, skleraning qarama-qarshi tomonida esa to'r parda joylashgan.

Ko'zning ichki qismi shaffof shishasimon modda bilan to'ldirilgan. Kuzatilgan ob'ektning teskari tasviri qavariq linzalari bo'lgan to'r pardaga qaratilgan gavhar. Ob'ektivning fokus uzunligi ko'z mushaklari ta'sirida o'zgaradi, bu uning yuzasi egriligini shunday o'zgartiradiki, to'r pardaga qaratilgan tasvir imkon qadar aniq bo'ladi. Ko'pgina linzalarda bo'lgani kabi, linzalarning fokus uzunligi yorug'lik to'lqin uzunligiga bog'liq, ko'k nurlar yashil yoki qizil rangga qaraganda yaqinroq masofaga qaratilgan.

Kamalak parda diafragma rolini o'ynaydi. Boshqa mushak guruhining ta'siri ostida uning ochilishining diametri (ko'z qorachig'i diametri) yorug'lik intensivligining o'zgarishi bilan o'zgaradi.

Kam yorug'likda diametri 7,5 mm, yuqori yorug'likda esa 1,8 mm. Ko'z qorachig'i torayganda, ko'zning to'r pardasidagi tasvirning ravshanligi oshadi [20].



3.3-rasm. Ko'z kesimi: 1 — sklera; 2 — Shox parda; 3 — ko'zning qon-tomir pardasi; 4 — kamalak parda; 5 — to'r parda; 6 — ko'ruv nervi; 7 — markaziy chuqur; 8 — ko'z gavhari; 9 — ko'rinmas dog'

To'r parda bir necha qatlamlardan iborat bo'lib, linzaga qaragan qatlamlar shaffof bo'lib, yorug'likning ikki turdagi fotoretseptorlar: tayoqchalar va konuslar tomonidan hosil qilingan qatlamga o'tishiga

to'sqinlik qilmaydi.

Konuslarda taxminan 6,5 million konus mavjud bo'lib, ular ranglarni ajrata oladigan kunduzgi (fotopik) ko'rish tizimining bir qismi bo'lgan yorug'likka sezgir hujayralardir. Bu qobiliyat retinaning spektral sezgirligi bilan farq qiluvchi uch turdagi konusni o'z ichiga olganligi bilan bog'liq. Konuslarning bir turi qizil nurlanish hududida, ikkinchisi - yashil nurlanish hududida, uchinchisi - ko'k nurlanish hududida maksimal spektral sezgirlikka ega. Konusning markaziy qismida (markaziy chuqurcha) har bir konus qo'zg'alishni optik asabning tolasi bo'ylab ko'rish tizimining keyingi qismlariga uzatganligi sababli, kunduzi ko'rishning to'r pardasi yuqori fazoviy ruxsatga ega.

To'r pardada 130 millionga yaqin tayoqchalar ranglarni ajrata olmaydigan va fazoviy o'lchamlari past, ammo yorug'likka sezgirligi yuqori bo'lgan (skotopik) ko'rish tizimining bir qismidir. To'r pardaning yuqori yorug'lik sezgirligi novdalarning katta guruhidan (ularning 400 tagacha) signallari birlashtirilganligi bilan bog'liq.

To'r pardada sinaptik ulanishlar sxemasi 3.4-rasmda ko'rsatilgan, optik tasvir fotoreseptorlarning qo'zg'alishlarini taqsimlash, shuningdek, uni birlamchi bo'lgan neyron tasvirga aylantiriladi. Yorug'likning fotoretseptorlarga ta'siri natijasida ularda fotosensitiv moddaning (vizual pigment) parchalanish jarayoni davom etadi, bu esa ularning chiqishlarida (presinaptik uchlarida) elektr potentsiallarining paydo bo'lishiga olib keladi. Tirik ko'zda vizual pigmentning parchalanishi bilan bir vaqtda uning yangilanish jarayoni sodir bo'ladi va to'r pardaning har bir yoritilishi darajasi uchun bu jarayonlar o'rtasida o'ziga xos dinamik muvozanat o'rnatiladi. Fotoreseptorlar to'r pardaning gorizontaal va bipolyar hujayralari bilan bog'lanib, triadalar deb ataladigan narsalarni hosil qiladi (3.4-rasmga qarang).

Zamonaviy tushunchalarga ko'ra, fotoreseptorlardan keladigan signallar gorizontaal hujayralar tizimini qo'zg'atadi. Gorizontaal hujayralar kuchli o'zaro aloqaga ega, shuning uchun hatto ulardan birining qo'zg'alishi butun tizim bo'ylab tarqaladi. Gorizontaal hujayralar tizimi signallarning fotoretseptorlardan bipolyar hujayralarga uzatilishini tartibga soladi, ya'ni teskari aloqa gorizontaal hujayralar tizimi orqali amalga oshiriladi. Qayta aloqa mavjudligi sababli signallar qayta kodlanadi, buning natijasida to'r pardada yorug'likning taqsimlanishi mahalliy va vaqtinchalik kontrastlarning

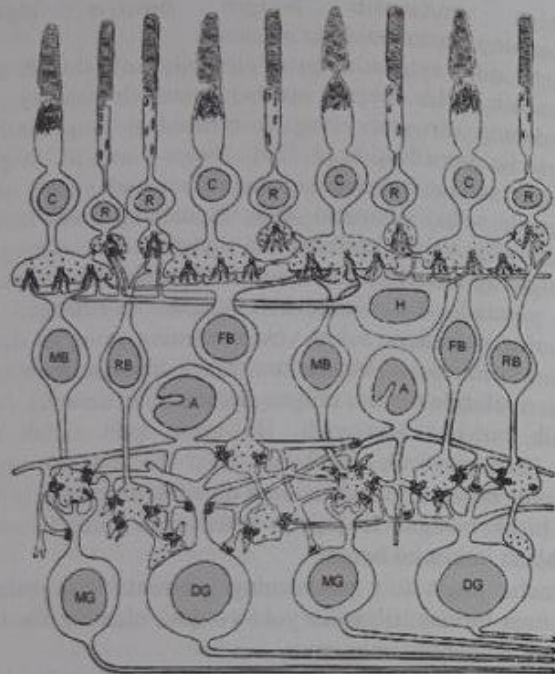
taqsimlanishiga mutanosib bo'lgan bipolyar hujayralar qo'zg'alishlarining taqsimlanishiga aylanadi.

Boshqacha qilib aytganda, qo'zg'alish qiymati (chiqish signali) kasrga mutanosib bo'lib chiqadi, bunda hisoblagich mahalliy yoritish va to'r pardaning o'rtacha yorug'lik o'rtasidagi farq, maxraj esa to'ming o'rtacha yoritilishidir.[8, 23]. Natija yorug'lik yoqilganda (yoki kuzatilgan sahnaning yorqin qismiga qaralganda) ijobiy qiymatni va o'chirilganda salbiy qiymatni oladi. Signalning triada tomonidan o'zgartirilishi ochiq va yopiq tizimlarda signallarni, xususan, ganglion hujayralarini qo'zg'atuvchi signallarni shakllantirish uchun zarur shart-sharoitlarni yaratadi, 3.4-rasmda ko'rsatilgan. Ta'riflangan jarayon vizual tizimning kuzatilgan sahna yoki tasvirning yorug'lik darajasiga moslashishini ta'minlaydi. Moslashuv tufayli bipolyar hujayralarning qo'zg'alishlari sifatida taqdim etilgan signallarning dinamik diapazoni 2 logarifmik birlikka kamayadi. Bu optik asab kichik dinamik diapazonli (2 logarifmik birlikdan ko'p bo'lmagan) signallarni uzatishga qodir bo'lgan vizual tizimga dinamik diapazoni taxminan 9 logarifmik birlik bo'lgan haqiqiy o'zgaruvchan yorug'lik sharoitida samarali ishlash imkonini beradi.

Hozirgacha inson to'r pardasining gorizontaal hujayralari uchta alohida tizimga birlashtirilganmi yoki yo'qmi, ularning har biri faqat bir-biriga bog'langanligi aniq emas.

Bir turdagi konuslar bilan "qizil", "yashil" va "ko'k" yoki bunday tizimlar kamroq. Birinchi taxmin ko'proq ehtimolga o'xshaydi, chunki u bir qator eksperimental kuzatilgan faktlarni, xususan, ranglarni idrok etishning doimiyliги fenomenini tushuntiradi [20]. Biroq, hozirgi kunga qadar odamning to'r pardasida faqat ikkita gorizontaal hujayralar tizimi topilgan.

Bipolyar hujayralar, o'z navbatida, amakrin va ganglion hujayralari bilan bog'lanib, yuqorida muhokama qilinganlarga o'xshash triadalarini hosil qiladi. Mavjud eksperimental ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, amakrin hujayralar, xuddi gorizontaal hujayralar kabi, bipolyar hujayralardan ganglion hujayralariga signallarning uzatilishini tartibga soluvchi o'zaro bog'langan hujayralar tizimini ham tashkil qiladi..



3.4-rasm. To'rt pardadagi sinaptik bog'lanishlar diagrammasi: R — tayoqcha. C — konus. MB — kichkina bipolyar, RB — tayoqcha bipolyar, FB — tekis bipolyar. H — gorizonttal hujayra. A — amakrin hujayrasi. MG — kichik ganglioz kletka, DG — difuz ganglioz kletka

Shunday qilib, ko'rish tizimida kuzatilayotgan sahnaning yoritilishiga moslashishning ikkita ketma-ket faollashtirilgan mexanizmi mavjud. Birinchisi, "fotoretseptor - gorizonttal hujayralar - bipolyar hujayra" triadalaridan tomonidan amalga oshiriladi, bu ko'zning o'rtacha yoritilishiga moslashadi, ikkinchisi esa "bipolyar hujayra - amakrin hujayralar - ganglion hujayra" triadalaridan tomonidan amalga oshiriladi. Birinchi mexanizm inertsialangan. U moslashishni ta'minlaydigan vaqt daqiqalarda o'lchanadi, chunki u vizual pigmentlarni qayta tiklash uchun vaqt konstantalari bilan belgilanadi.

Ikkinchi mexanizm past inertsialanga. Ikkinchi moslashish mexanizmiga bo'lgan ehtiyoj kuzatilayotgan sahnada qorong'u joylar ham, yorug'lik darajasi yuqori bo'lgan joylar ham mavjudligi bilan bog'liq. Haqiqiy sahnalar kuzatilganda, ko'rish o'qi soniyaning o'ndan bir oralig'i bilan muxitda harakat qiladi, bu signalning bir lahzali o'zgarishiga olib keladi, ba'zan esa juda katta. Moslashuvning tezkor javob mexanizmi ganglion hujayralarini qo'zg'atuvchi signallarning dinamik diapazonini bitta logarifmik birlikka kamaytiradi. U amalga oshiradigan transformatsiya aniq ko'rish maydonidagi o'rtacha qiymatga nisbatan qo'zg'atuvchi signallarni mahalliy markazlashtirishga qisqartiriladi.

Signallar bipolyar hujayralardan ganglion hujayralariga uzatilganda, ular ham analog shakldan impulsi shaklga aylanadi. Ganglion hujayralaridan boshlab, optik nerv tola bo'ylab, signallar impulslar ketma-ketligi shaklida uzatiladi, bunda pulsning takrorlanish tezligi uzatilgan signallarning intensivligi bilan belgilanadi.

Bir millionga yaqin tolalardan tashkil topgan ko'rish nervining ko'zdan chiqadigan joyi ko'rt nuqta deb ataladi, chunki to'rt pardaning bu joyida fotoretseptorlar yo'q.

Ko'rish nervlari ko'zdan chiqib, boshning orqa tomoniga o'tadi, u yerda ular ikki qismga bo'linadi va kesishadi, shunda har bir optik qismda ikkala ko'zning tolalari mavjud. Ikkala to'plam ham miyaning asosigacha davom etadi va har biri lateral genikulyar tanaga ulanadi. Har bir ko'zda miyaning ikkala yarim sharlari bilan bog'langan markaziy, taxminan dumaloq maydon mavjudligi aniqlandi. Ushbu zonaning yon tomonlarida, har bir ko'zning chap yarmi (vertikal bo'lingan bo'lsa) miyaning bir tomoniga va o'ng tomoniga ulanadi. Markaziy ko'rishdagi ob'ektlar miyaning ikkala yarim sharida ifodalangan bo'lsa, periferik ob'ektlar har qanday yarim sharda ifodalangani. Tashqi genikulyatsiya tanasi murakkab nerv sistemasi orqali ko'rish qobig'ining 17-maydoniga bog'langan. Vizual ma'lumotlar ko'rish qobig'ida tahlil qilinadi.

Vizual tizimning eng ko'p o'rganilgan bo'limi - bu ko'zning to'rt pardasi bo'lib, uning xususiyatlari asosiy psixofizik qonunlarni belgilaydi. Ko'rish qobig'ida lokalizatsiya qilingan ko'rish tizimining yuqori qismlari kamroq darajada o'rganilgan.

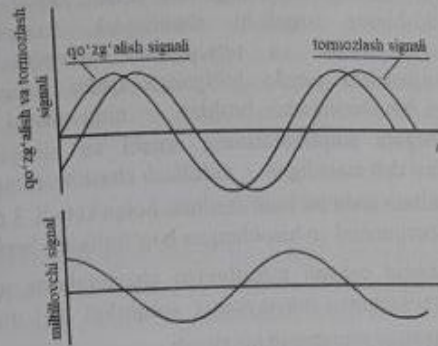
3.3. Ko'rishning barqarorligi

Vizual tizimning inertsiyasi ikki sababga bog'liq: inertsiya fotoretseptorlarida sodir bo'ladigan fotokimyoviy jarayonlar va uning neyron tarmoqlari orqali signal tarqalish jarayonlarining inertsiyasi.

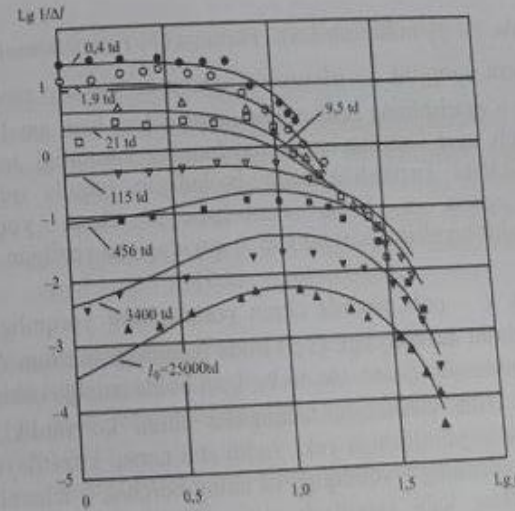
Birinchi turdagi inertsiya kuzatilgan sahnaning o'rtacha yoritilishi o'zgaranda namoyon bo'ladi, buning natijasida fotoretseptorlardagi vizual pigmentlarning parchalanish va yangilanish tezligi o'rtasida dinamik muvozanat buziladi. Ushbu muvozanatni tiklash uchun moslashuv sodir bo'ladigan boshlang'ich va oxirgi yoritish darajalariga qarab, bir necha daqiqadan bir necha o'nlab daqiqalargacha davom etadi.

Vizual tizimning neyron tarmoqlarida signalning tarqalish jarayonlari bilan belgilanadigan inertsiya bir soniyadan ko'p bo'lmagan qisqaroq vaqt oralig'ida o'zini namoyon qiladi.

Keling, ushbu turdagi inertsianing paydo bo'lish mexanizmini ko'rib chiqaylik. Ma'lumki, insonning ko'rish tizimining to'r pardasining retseptiv sohalari qo'zg'atishning markaziy zonasini va tormozning periferik zonasini o'z ichiga oladi. Shunday qilib, retinaning retseptiv maydonidan olingan signal retseptiv maydonning markaziy zonasidan qo'zg'atish signali va uning periferik zonasidan tormoz signali o'rtasidagi farqdir. Vaqt o'tishi bilan to'r pardaning doimiy yoritilishi darajasida, retseptiv maydon markazidan qo'zg'atish signali va periferiyadan tormoz signali bir-birini muvozanatlashtiradi. Agar to'r pardaning yoritilishi vaqt o'tishi bilan uning o'rtacha qiymatiga nisbatan o'zgarsa, masalan, miltillash chastotasi f bo'lgan sinusoidal qonunga muvofiq, u holda o'zgarishlar qo'zg'atish signalining o'zgarishiga nisbatan tormoz signallari kechiktiriladi. Bundan tashqari, tormoz signali uzoqroqdan qanchalik ko'p kelsa, u shunchalik uzoqroq kechiktiriladi. Bu kechikish o'zini namoyon qiladi bunda tormoz signalining o'zgarishi fazasi qo'zg'atish signalining o'zgarishi fazasidan orqada qoladi, buning natijasida ular bir-birini muvozanatlashtirmaydi. Bunday holda, bu ikki signal o'rtasidagi farq signali, ya'ni miltillovchi signal vizual tizimning neyron tarmog'i orqali tarqaladi. 3.5-rasmda yuqoridagilar tushuntirilgan.



3.5-rasm. Qo'zg'atish, tormoz va miltillovchi signallarning vaqtga bog'liqligi t



3.6-rasm. $1/\Delta I$ ning f ga bog'liqligi

Past chastotalarda miltillash chastotasi f ning ortishi miltillash signalining amplitudasi ortishiga yoki shunga mos ravishda, miltillash

amplitudasi Δ qiymatining pasayishiga olib keladi. Biroq, bu signal tarqalish kechikishining tarqalishi, shuningdek, retseptorlar va o'tkazuvchi nerv yo'llari va retseptorlari inertsiyasi tufayli signallarning zaiflashishi paydo bo'lgunga qadar davom etadi. Natijada, ma'lum bir chastotadan boshlab, f ning ortishi bilan Δ miltillashning chegara amplitudasining ortishi va nihoyat, kritik miltillash chastotasi deb ataladigan f_c miltillash chastotasining ma'lum bir qiymatida miltillash sodir bo'ladi. sezilmas holga keladi. 3.6-rasmda $\frac{1}{\Delta}$ ning f ga eksperimental va hisoblangan bog'liqliklari berilgan.

Kritik chastotadan oshgan miltillovchi chastotalarda miltillash sezilmaydi va kuzatilayotgan maydonning yorqinligi $L(t)$ doimiy va uning o'rtacha qiymatiga mutanosib ko'rinadi.

$$L_{\text{or}} = \frac{1}{T} \int_0^T L(t) dt, \quad (3.2)$$

bu yerda, $T = \frac{1}{f}$ miltillash davri. Formula (1) Talbot qonunidir. Bu qonun nafaqat yorug'lik $L(t)$ sinusoidal qonun bo'yicha o'zgarganda, balki uning o'zgarishining boshqa qonunlari uchun ham amal qiladi. Shunday qilib, agar kuzatilayotgan maydonning yorqinligi, masalan, televizor ekranini kuzatishda sodir bo'ladigan impuls qonuniga muvofiq o'zgarsa, u holda tomoshabinga ekran yorqinligi o'zgaraganidek tuyulishi shart bo'ladi, u quyidagicha yozilgan

$$LT_{\text{or}} = \text{const}, \quad (3.3)$$

bu yerda, L - puls paytida ekran porlashining yorqinligi, T_{or} - ekranning porlashi davomiyligi. (3.3) ifoda hammaga ma'lum Bloch-Charpentier qonunidir, $T_{\text{or}} \leq 60-100 \text{ ms}$ bo'lgan holda amalga oshiriladi. Miltillashning kritik chastotasi, tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, to'r pardaning o'rtacha yoritilishiga yoki xuddi shu narsa, kuzatilayotgan miltillovchi maydonning yorqinligiga va uning burchak o'lchamlariga bog'liq. Displeylar kabi tasvirlash qurilmalarini loyihalashda bu qiymatni bilish juda muhim, chunki u kadr tezligini aniqlaydi. Shunday qilib, kompyuterning ishlatilgan ekran yorqinligida $f_k \approx 60 \text{ Hz}$, ko'rsatiladi, shuning uchun ulardagi kadrlar tezligi ushbu qiymatdan yuqoriroq tanlangan. Shuni ta'kidlash kerakki, to'r pardaning markaziy

qismi va uning periferik qismining inertsiyasi sezilarli darajada farq qiladi. To'r pardaning periferik qismining inertsiyasi ancha past bo'ladi, bu periferik ko'rishga ega katod nurlari trubkasida displey ekranini kuzatishda osongina ko'rinadi, bu holda uning miltillashi aniq ko'rinadi, agar siz unga to'g'ridan-to'g'ri qarasangiz, umuman ko'rinmaydi.

3.4. Harakatni idrok etish

Harakatni idrok etish-vizual tizim tomonidan hal qilinadigan eng muhim vazifalardan biridir. Hozirda bu sohada juda ko'p noma'lum narsalar mavjud. Umuman harakatni ikki komponentga ajratish mumkin: radial komponent (kuzatuvchi tomon yoki undan uzoqlashuvchi harakat) va tangensial komponent.

Tangensial komponent uchun harakatni idrok etishning deyarli barcha xususiyatlari olinadi. Foveal ko'rish uchun minimal sezilarli tezlik aniqlangan ob'ektning ko'rish sohasida qo'zg'almas belgilar mavjud bo'lganda harakati sekundiga 1-6 yoy daqiqasi, diqqatga sazovor joylar bo'lmaganda - 10-20 yoy daqiqasi soniyada. Harakat hali ham seziladigan maksimal tezlik ob'ekt $12-32^\circ / \text{s}$ oralig'ida joylashgan. Bundan tashqari, sezgirlik aniqlangan harakatni idrok etish uchun chiziqli qonun bo'yicha markaziy chuqurchadan periferiyaga kamayadi. Foveadan 9° og'ish bilan periferik ko'rish uchun minimal chegaralar ko'rish maydonida qat'iy belgilangan belgilar mavjud bo'lganda va belgilangan belgilar bo'lmaganda sekundiga 18 yoy daqiqasini tashkil qiladi minimal chegaralarning qiymati 10-20 marta kattaroqdir.

Ob'ektning harakatlanish tuyg'usini yaratish uchun uning proektsiyasi kerak emas ko'zning to'r pardasi doimo o'zgarib turardi. Bu tuyg'u hatto bezovtalanmaydi agar ob'ektning bir qator tez o'zgaruvchan tasvirlari ko'zning to'r pardasiga proyeksiya qilinsa, bu uning harakatining ketma-ket bosqichlarini ifodalaydi. Aynan shu ko'rish xususiyati kinoda harakat illyuziyasini yaratish uchun ishlatiladi, va televizorda. O'qqa perpendikulyar yo'nalishda harakat qilish uchun kuzatish uzluksiz deb qabul qilingan, harakatning turli bosqichlari bilan tasvirlarni o'zgartirish chastotasi yetarlicha katta bo'lishi kerak, aks holda harakat sodir bo'ladi. intervalgacha ko'rinadi. Biroq, ekran qanchalik yorqinroq bo'lsa, bu chastota shunchalik yuqori

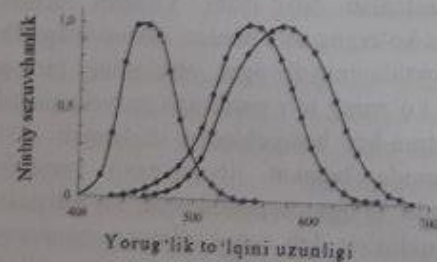
bo'ladi ishlatiladigan ekran yorqinligida u 60-70 Gts dan oshmaydi.

Keling, harakatlanuvchi tasvirning hiralashishi kabi muhim hodisaga to'xtalib o'tamiz. Ma'lumki, harakatlanuvchi ob'ektning o'tkir yorug'lik chegaralari tomoshabin tomonidan idrok etiladi. Ko'rishning inertsiyasi tufayli hiralashgan. Biroq, agar biz chegaralari allaqachon loyqa bo'lgan harakatlanuvchi ob'ektning tasvirini kuzatadigan bo'lsak va agar bu loyqalik 10 yoy daqiqasidan oshsa, unda bunday tasvir biz tomonidan aniqroq qabul qilinadi. Biz sport televideniesini tomosha qilayotganda bunday holatga duch kelamiz tez harakatlarni o'z ichiga olgan sahnalar mavjud bo'lgan dasturlar. Natijalar Ushbu hodisaning eksperimental tadqiqotlari nashrda keltirilgan [24], va uning nazariy tadqiqotlari natijalari bilan [11] tanishish mumkin. Bu hodisa bo'lishi mumkin harakatlanuvchi tasvirlarni siqish usullarini ishlab chiqishda foydalaniladi.

3.5. Rangni idrok etish

Ranglarni ajratish qobiliyati bir biridan spektral sezgirliklari bilan farq qiladigan uch turdagi konuslarning to'rpardadagi mavjudligi bilan izohlanadi. 3.7-rasmda normallashtirilgan spektral sezgirlik egri chiziq-lari ko'rsatiladi [20]. Uold ma'lumotlariga ko'ra, bu egri chiziq-larning maksimal qiymati 430, 540 va 575 nm ga mos tushadi.

Spektral sezgirlikning egri chiziq-lari, ayniqsa, qizil va yashil nurlanish hududida spektral sezgirlikning maksimal darajasiga ega bo'lgan kolbochkalar uchun keng polosali va kuchli o'zaro bog'liqlikka egaligi o'ziga e'tiborni tortadi.



3.7-rasm. Normallashtirilgan konusning spektral sezgirli-gi egri chiziq-lari

Tasvirlarni yorug'lik ta'sirida ko'zning to'r pardasiga proyeksiyalashda kolbochkalarda (konuslarda) ko'rish pigmentining parchalanishi yuz beradi, bu esa ularning chiqishlarida e_q, e_y va e_k elektr signallarining paydo bo'lishiga olib keladi, ularning kattaligi nurlanish spektri $F(\lambda)$ va kolbochkalarning spektral xususiyatlari bilan belgilanadi:

$$e_q = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \varepsilon_q(\lambda) F(\lambda) d\lambda, e_y = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \varepsilon_y(\lambda) F(\lambda) d\lambda, e_k = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \varepsilon_k(\lambda) F(\lambda) d\lambda \quad (3.4)$$

bu yerda e_q, e_y va e_k - mos ravishda qizil, yashil va ko'k nurlanish hududlarida spektral sezgirlikning maksimal darajalariga ega bo'lgan konuslarning chiqishlaridagi signallar; $\varepsilon_q(\lambda)$, $\varepsilon_y(\lambda)$ va $\varepsilon_k(\lambda)$ - bu konuslarning spektral karakteristikalari; λ -yorug'lik nurlanishining to'liqin uzunligi; λ_{\max} va λ_{\min} - yorug'lik nurlanishining diapazonini aniqlaydigan to'liqin uzunliklarining chegara qiymatlari.

Shunday qilib, ko'rish tizimining tasvir ustida bajaradigan birinchi operatsiya uning rangini ajratishdir. Konusdan chiqqan signallar to'r pardada dastlabki qayta ishlanishi va axromatik qayta kodlanishidan keyin ikki guruhdagi rang farqi signallari ko'rish tizimining oliy bo'limlariga ko'rish nervlari bo'ylab uzatiladi.

Ko'rinishidan, ko'z to'r pardasi yordamida tasvirni qayta ishlashda hal qilinadigan asosiy vazifa ko'rish tizimining yuqori bo'limlariga uzatiladigan signallarning shakllanishi bo'ib, ular nafaqat kuzatilgan sahnaning yorug'lik intensivligidan, balki ko'p jihatdan yoritishni spektral tarkibidan ham mustaqil bo'ladi. Rangni idrok etishning yoritishning spektral tarkibidan mustaqilligi rang idrokining doimiyligi deb ataladi. Rang idrokining doimiyligini tadqiqot mexanizmlariga ko'p sonli ishlar bag'ishlangan. Ammo bu muammo to'liq hal etilmagan.

Hozirgi vaqtda ma'lumki, bir qator hayvonlarning, xususan, baliqlarning to'r pardasida gorizontall hujayralar bir xil spektral sezgirlikka ega bo'lgan fotoreseptorlarning ma'lum guruhlari bilan bog'langan tizimlarga birlashtirilgan. To'r pardaning bunday tashkil etilishi yorug'likning spektral tarkibi o'zgarganda turli xil spektral sezgirlikka ega bo'lgan fotoreseptorlarni alohida tartibga solishni ta'minlaydi.

Primatlar va odamlarning to'r pardasidagi gorizontalar hujayralarning tashkil etilishi haqida hozirda ko'p narsa aniq emas. Ammo, agar biz primatlar va odamlarning to'r pardasida turli xil spektral sezgirlikka ega bo'lgan fotoretseptorlar bilan bog'langan gorizontalar hujayralarning 3 ta tizimi mavjud deb taxmin qilsak, u holda vizual tizim tomonidan tasvirni qayta ishlash modelini quyidagicha ifodalash mumkin.

Sahna tasvirini ko'z to'r pardasiga proektsiyalashda kolbochokning chiqish joylarida gorizontalar hujayralarning uchta tizimini qo'zg'atadigan elektr signallari paydo bo'lib, ularning har biri bir xil spektral sezgirlikka ega bo'lgan kolbochoklar bilan bog'langan. Gorizontalar hujayralar tizimining har birining qo'zg'alishi ushbu turdagi barcha kolbochoklar bo'yicha o'rtacha hisoblangan bir xil spektral sezgirlikka ega bo'lgan to'r pardasi kolbochogining qo'zg'alishiga mutanosibdir. Bular orqali gorizontalar hujayralar tizimi teskari aloqani ta'minlaydi, bu orqali kolbochoklardan bipolyar hujayralarga signallarning uzatilishi tartibga solinadi. Natijada, qizil, yashil va ko'k nurlanishli hududlarda spektral sezgirlikning maksimal darajasiga ega bo'lgan kolbochoklar bilan bog'langan bipolyar hujayralarning chiqishlarida signalla quyidagicha bo'ladi

$$s_1 = \frac{e_4 - \bar{e}_4}{e_1}, \quad s_2 = \frac{e_7 - \bar{e}_7}{e_2}, \quad s_3 = \frac{e_5 - \bar{e}_5}{e_3} \quad (3.5)$$

bu yerda $\bar{e}_1, \bar{e}_2, \bar{e}_3$ - bu uchta kolbochoklar guruhidagi signallarning o'rtacha qiymatlari. (3.5) formulalardan ko'rinib turibdiki, "kolbochok - gorizontalar hujayralar tizimi - bipolyar hujayra" triadasi signallarni shunday almashtirishni amalga oshiradiki, unda qizil, yashil va ko'k ranglarning "yorqinlik" taqsimoti mos kontrast taqsimotiga aylantiriladi. Ushbu almashtirish tufayli kuzatilayotgan sahnaning yorug'lik intensivligiga invariantlik (o'zgarmaslikka) erishiladi, chunki kontrastlarning taqsimlanishi uning kattaligiga bog'liq emas. Bundan tashqari, bu almashtirish sahna yorug'ligi spektral tarkibining s_1, s_2, s_3 signallariga ta'sirini sezilarli darajada susaytiradi.

To'r pardada signallarni keyingi almashtirishi s_1, s_2, s_3 signallardan axromatik va ranglar farqi signallarining ikki guruhini hosil qilish yo'li

orqali quyidagi tengliklarga mos holda rang ma'lumotlarini qayta kodlashdan iborat bo'ladi:

$$U_{12} = s_1 + s_2 + s_3, \quad U_{13} = s_1 - s_2, \quad U_{23} = s_2 - (s_1 + s_3)$$

(3.5) formulardagi s_1, s_2, s_3 qiymatlarini almashtirgandan so'ng quyidagi hosil bo'ladi.

$$U_{12} = \frac{e_4 - \bar{e}_4}{e_1} + \frac{e_7 - \bar{e}_7}{e_2} + \frac{e_5 - \bar{e}_5}{e_3}, \quad (3.6)$$

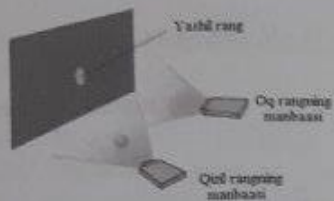
$$U_{13} = \frac{e_4 - \bar{e}_4}{e_1} - \frac{e_7 - \bar{e}_7}{e_2}, \quad (3.7)$$

$$U_{23} = \frac{e_7 - \bar{e}_7}{e_2} - \left(\frac{e_4 - \bar{e}_4}{e_1} + \frac{e_5 - \bar{e}_5}{e_3} \right) \quad (3.8)$$

Ushbu qayta kodlash natijasida ma'lumot ko'rish nervi bo'ylab to'r pardadagi sahna tasvirining "qizil", "yashil" va "ko'k" tarkibiy qismlarida kontrastlarning taqsimlanishi haqidagi axborotni emas, balki ularning algebraik yig'indilarining taqsimlanishi haqidagi axborotni uzatadi. Buning natijasida, rangni idrok etishda yoritishning spektral tarkibning ta'sirini yanada kamaytirish ta'minlanadi. Bunday holda, "qizil" va "yashil" kolbochoklarning spektral yaqinligi xususiyatlari ham muhim, chunki yoritish spektrining o'zgarishi signal farqiga kamroq ta'sir qiladi. Adabiyotlarda bu qayta kodlash bipolyar, amakrin va ganglion hujayralarining o'zaro ta'siridan kelib chiqqanligi haqida dalillar mavjud, bir qator ma'lumotlar tasvirning qizil-yashil komponenti rang ma'lumotlarini uzatish asosiy, sariq-ko'k komponenti esa ikkinchi darajali rolni egallashi keltirilgan.

Ko'rib chiqilayotgan model rangni idrok etish bilan bog'liq bir qator illyuziyalarni, shu jumladan bir vaqtning o'zida rang kontrasti deb ataladigan hodisani, masalan, rangli soya fenomenida o'zini namoyon qiladi. Ushbu hodisani qizil rangli yorqin nurlarini oq rang bilan teng ravishda yoritilgan oq ekranga yo'naltirilsa, hamda uning yo'liga kichik

shaffof bo'lmagan ob'ekt qo'yilgan bo'lsa kuzatish mumkin va u 3.8. rasmda keltirilgan.



3.8-rasm. Hodisani tushuntirish uchun bo'yalgan soya

Shaffof bo'lmagan ob'ektning ekranga tushiriladigan soyasi tomoshabinga yashil rangga bo'yalgan bo'lib ko'rinadi. Bu hodisa (3.7) formula bilan izohlanadi. Formuladan kelib chiqadiki, yashil rang U_{y} signalining manfiy, qizil - musbat qiymatlariga mos keladi. Signal qiymati bilan aniqlanadigan lokal kontrast o'rtacha qiymatga nisbatan o'lganganligi sababli, soya sohasida qizil rang yo'qligi (3.7) formulaning birinchi kasr qismining manfiy bo'lishida namoyon bo'ladi, bu ko'rish tizimi uchun yashil rangning ko'payishi bilan yuzaga keladigan ikkinchi kasrning absolyut qiymatining oshishiga teng bo'ladi. Rang kontrasti izchilligi (ketma-ket kelish) hodisasi huddi shunga o'xshab izohlanadi.

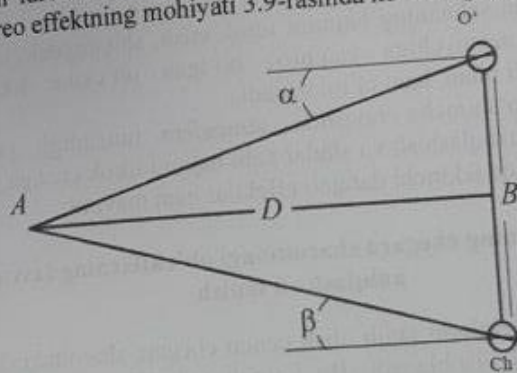
3.6. Hajmni idrok etish

Insonning ko'rish tizimi kuzatilayotgan ob'ektning uzoqligini kuzatish jarayoni bilan birga keladigan bir qator effektlar orqali baholay oladi.

Birinchi va aftidan, asosiy ta'sir kuzatilayotgan ob'ekt uzoqlashganda burchak o'lchamlarini kamaytirish effektidir. Agar ob'ektning haqiqiy chiziqli o'lchamlari, shuningdek uning burchak o'lchamlari aniq bo'lsa, u holda uning kuzatuv nuqtasidan uzoqlashishini aniqlash qiyinchilik tug'dirmaydi. Perspektiv qonunlariga rioya qilgan holda yozilgan filmlar, teledasturlar, fotosuratlar va rasmlarni tomosha qilish bu holatga misol bo'la oladi. Garchi tasvirlarning o'zi ikki o'lchovli bo'lsa ham ushbu tasvirlarni

kuzatishda biz ob'ektlarning kuzatish nuqtasidan uzoqligini taxmin qilishda muammoga duch kelmaymiz. Bu kuzatuvlarda kuzatuvchi ixtiyoridagi kuzatilayotgan ob'ektlar to'g'risidagi aprior ma'lumotlar ham muhim rol o'ynaydi. Shunday qilib, masalan, fotosuratni ko'rib chiqayotganda, biz unda tasvirlangan notanish ob'ektning uzoqligini osongina aniqlashimiz mumkin, agar biz uning yerda ekanligini bilsak, buda faqat uning tasvirining gorizont chizig'idan pastga uzoqligiga e'tibor qaratamiz. Uzoqligi bizga ma'lum bo'lgan boshqa ob'ektlar orasidagi notanish bo'lgan ob'ektni uzoqlikni aniqlash qeyin bo'lmaydi, agarda ularning barchasi bir xil qatlamda, masalan yerda bolsalar.

Hajmni idrok etishni ta'minlaydigan ikkinchi effekt - bu stereo effekt. Stereo effektning mohiyati 3.9-rasmda ko'rsatilgan.



3.9-rasm. Stereo effekti.

Bu rasmda A belgisi D masofadan kuzatilayotgan nuqtaviy ob'ektini bildiradi. Shartli ravishda doira shaklida ko'rsatilgan kuzatuvchining ko'zlari (o'ng va chap) orasidagi masofa (asosiy) B ga teng. Rasmdan kelib chiqadiki, kuzatuvchi ob'ekt yo'nalishiga qaraganida, ob'ektning ko'zning to'r pardasidagi proyeksiyalari o'zaro siljiydi. Buning sababi shundaki, ob'ektga yo'nalishlar va ko'zlarning har biri uchun asosga normal o'rtasidagi burchaklar nolga teng emas va qarama-qarshi belgilarga ega. Ko'rib chiqilayotgan holatda, $\alpha = -\beta$. Ob'ekt kuzatuvchiga qanchalik yaqin bo'lsa, bu burchaklarning absolyut qiymatlari shunchalik katta bo'ladi va shuning uchun ko'z to'r

pardasida ob'ektlar proektsiyalarining o'zaro mos kelmasligi shunchalik katta bo'ladi, bu nomutanosiblik (disparantlik) deb ataladi. Nomutanosiblik mavjudligi tufayli ob'ektning kuzatish nuqtasidan uzoqligi seziladi.

Kuzatilgan sahnaning hajmini idrok etishni ta'minlovchi uchinchi effekt - bu uni tashkil etuvchi ob'ektlarning reliefi, ya'ni ob'ektlarning aks ettiruvchi yuzalarini burchak orientatsiyasiga qarab, ularga tushayotgan yorug'likni turli yo'llar bilan aks ettirishidir. Ushbu effekt tufayli biz silindrsimon ustun tasvirini to'rtburchak kesimli ustun tasviridan osongina ajrata olamiz. Diffuz aks ettiruvchi yuzalar uchun yorug'lik manbasining uchta turli pozitsiyasida olingan uchta tasviridan foydalanib ularning uch o'lchamli tasvirini olishingiz mumkin, ya'ni ularning chuqurligi haqida to'liq tasavvurga ega bo'lishingiz mumkin.

Kuzatilgan sahnaning hajmini idrok etish, shuningdek, uzoqdagi ob'ektlarni kuzatuvchiga yaqinroq bo'lgan ob'ektlar tomonidan skrining effekti bilan ham ta'minlanadi.

Bunga qo'shimcha ravishda, atmosfera tumanligi, yorug'lik manbalaridan uzoqlashish va shular kabi hajmni idrok etishga yordam beradigan boshqa ikkinchi darajali effektlar ham mavjud.

3.7. Kuzatishning chegara sharoitidagi ob'ektlarning tasvirlerini aniqlash va tanish

Ma'lum ob'ektlarni tanib olish uchun chegara sharoitida shovqin cheklovchi omil hisoblanadi. Bu ko'rish tizimining ichki shovqini bo'lishi mumkin, agar kuzatilgan tasvir juda past kontrastga ega bo'lsa, yorug'lik oqimining shovqini, agar kuzatuv kam yorug'likda o'tkazilsa, aloqa kanali orqali uzatish paytida tasvirga qo'shiladigan shovqin va h.k. Ko'rish tizimida tasvirni qayta ishlash jarayonida bu shovqinni fazoviy filtrlanishi sodir bo'ladi.

1958 yilda ilgari surilgan gipotezaga ko'ra, apriori ma'lum parametrlarga ega, ya'ni qo'shimcha oq Gauss shovqini bilan shovqinlantirilgan tasvirdagi ob'ektni aniqlash va tanib olishda ko'rish tizimi fazoviy filtrlashni amalga oshiradi [9]. Keyinchalik bu gipoteza eksperimental tarzda tasdiqlangan. Ushbu gipotezaga muvofiq, tanib olinayotgan $L(x, y)$ tasvir andoza (etalon) tasvir $L_c(x, y, i)$, bilan mos yozuvlar tasvirleri bilan taqqoslanadi va mos yozuvlar bilan aniqlanadi

$$[L(x, y) - L_c(x, y, j)]^2 = \min,$$

ya'ni Sigert-Kotelnikov algoritmini ifodalaydigan qoida bajariladi

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [L(x, y) - L_c(x, y, j)]^2 dx dy < \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [L(x, y) - L_c(x, y, i)]^2 dx dy,$$

Bu yerda i va j andozalar raqamlari. Bu holda, $i = 1, 2, 3, \dots, N$, lekin $i \neq j$.

Agar tanib olinayotgan tasvirning ba'zi parametrlari apriori noma'lum bo'lsa, ular birma-bir ko'rib chiqish orqali topiladi. Masalan, agar ob'ektning tasvir tekisligidagi o'rni apriori noma'lum bo'lsa, ya'ni uning x va y koordinatalari noma'lum bo'lsa, qaror qabul qilish qoidasi quyidagi shaklni oladi.

$$\left\{ \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [L(x, y) - L_c(x - \xi, y - \eta, j)]^2 dx dy \right\}_{\min} < \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [L(x, y) - L_c(x - \xi, y - \eta, i)]^2 dx dy \right\}_{\min},$$

bu yerda ξ va η integrallarning har biri uchun uning qiymati minimal bo'ladigan tarzda tanlangan o'zgaruvchilardir. Aniqlash muammosi identifikatsiya muammosining alohida holati sifatida ko'rib chiqilishi mumkinligi sababli, yuqoridagilarning barchasi aniqlash muammosi uchun ham to'g'ri bo'lib qoladi.

3 bob bo'yicha nazorat savollari

1. Tasvirlardagi buzilishlarning qanday turlarini bilasiz?
2. Chastotali buzilishlarni tavsiflab bering.
3. Rangli buzilishlar deganda nimalarni tushunasiz?
4. Geometrik buzilishlarni xarakterlab bering.
5. Axromatik va rangli tasvirlardagi buzilishlardagi farqli jihatlarni aytib bering.
6. Tasvir sifatini baxolashning Reley mezonini haqida nima bilasiz?

7. Ekspert baholashning asosiy kamchiligi nimalar?
8. Oq nurning fizik xususiyatlarini keltiring.
9. Ko'rish tizimini tavsiflab bering.
10. Ko'rishning barqarorligi nimalarga bog'liq bo'ladi?
11. Sahnadagi harakatni qanday qabul qilamiz?
12. Ob'yektning ranglari qanday farqlanadi?
13. Fazoviy ob'yektlar sezgilarda qanday aks etadi?
14. Stereo effect nima?

4 bob

Video tasvirlar va ularni qayta ishlash

4.1. Raqamli tasvir va video tushunchalari Raqamli tasvir tushunchalari

Hozirgi zamonaviy kompyuterlarda grafik rejim asosan RGB rang sistemada ishlaydi. Unda bitta pikselda uchta rang (R-qizil, G-yashil, B-ko'k) aralashmasidagi rang qiymati bo'ladi. Unda mumkin bo'lgan ranglar soni $256^3=16777216$ taga yetadi. Bu rejim jonli tabiatdagi kuzatilgan ranglardan qolishmaydigan tasvirni saqlash, ishlov berish va uzatish imkonini beradi. Har qanday rangni uchta asosiy bo'lgan - qizil, yashil va ko'k ranglarning aralashmasi yordamida tasvirlash mumkin. Agar biz 3 bayt yordamida nuqtaning rangini kodlashtirmoqchi bo'lsak, unda 1-bayt qizil, 2-bayt yashil, 3-bayt esa ko'k rangni ifodalaydi. Rangli to'plamning bayt qiymati qanchalik katta bo'lsa, mazkur rang shunchalik aniq va ravshan bo'ladi.

RGB va boshqa rang sistemalarining xususiyatlari bilan yuqoridagi bo'limlarda kengroq tanishganmiz.

Endi, raqamli tasvirning bevosita kompyuter xotirasida qanday ko'rinishda saqlanishini ko'rib chiqamiz. Bizga ma'lumki, kompyuterlarning yassi ekranlarida tasvirlar asosan ikki o'lchovli (2D) massiv (yoki matritsa) shaklida ifodalanadi. Ikki o'lchovli tasvirni ikkita x, y koordinatalar o'qiga joylash mumkin. Bunda faqat y koordinata o'qining o'sishi yuqoridan pastga qarab o'zgaradi. Demak, bu holda koordinatalar boshi matritsaning chap yuqori burchagida joylashadi. Tasvirning eni - w va bo'yi - h kabi ifodalanib, ular matritsaning ustunlari va qatorlari sonini ifodalaydi (4.1-rasm).

Matritsaning x, y elementlarida tasvir rangiga mos qiymat saqlanadi. Rang qiymati saqlanadigan joyni piksel (*Pixel*) deb ham yuritiladi. Demak, piksel deganda eng kichik tasvir nuqtasi (yoki bo'lagi)ni tushunish mumkin. Buni yanada soddaroq tushunishingiz uchun quyidagi holatni ko'z oldingizga keltiring.

Aytaylik, sizning qo'lingizda qog'oz shaklidagi biror surat va qaychi bor. Siz qaychi bilan qo'lingizdagi suratni enlab va bo'ylab shunday maydalangki, uni boshqa yana maydalab qirqishingizni iloji bo'lmasin. Ana o'sha eng kichik qog'oz bo'lagini "piksel" sifatida qarashingiz mumkin. Maydalangan qog'oz bo'lakchalariga e'tibor

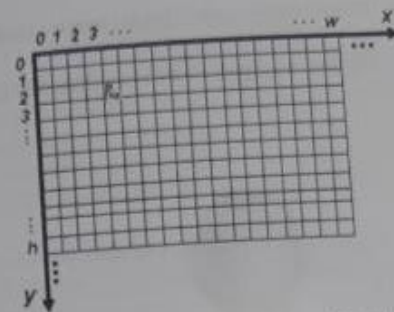
bersangiz faqat bir xildagi rangni ko'rasiz. Demak, raqamli tasvirlar pikselida faqat bitta rang qiymati joylashadi. Biror x, y koordinatadagi piskelni $p_{x,y}$ kabi ifodalash mumkin.

Shu o'rinda, "Megapiksel" (Mp) tushunchasini izohlab o'tsak. Mega - bu million degan ma'noni beradi. Masalan, 1 Megapiksel o'lchovimiz 1 mln. ta piksel degani. Misol uchun tasvirimizning o'lchami 1920×1200 hajmda bo'lsa, u holda bu tasvirimizning hajmi 2,3 Mp bo'ladi. Ya'ni, bunda tasvirning eni 1920 ta piksel (yoki nuqta), bo'yi esa 1200 ta piksel, jami piksellari soni $1920 \times 1200 = 2\,304\,000$ ta pikselga teng bo'ladi va h.k. Turli raqamli tasvirlar bilan bog'liq qurilmalar, xususan, fotoapparatlarning asosiy texnik xususiyatlari ularning bitta kadr (yoki matritsaga) qancha piksellarni sig'dira olishi bilan baholanadi. Ya'ni, bitta kadrda qanchalik ko'p piksellarni o'zida qamrab olsa, ana o'sha fotoapparatning tasvirlar sifati yuqori bo'ladi.

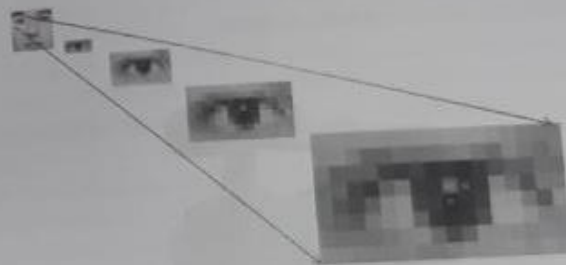
Ta'kidlash kerakki, piksellardagi rang qiymatlari axborot o'lchov birliklaridan bo'lgan 1 *bayt* hisobida o'lchanadi. Ya'ni, piksellardagi rang qiymatlari 0-255 oralig'idagi qiymatlardan biriga teng bo'ladi. Bunda ranglar 0 dan 255 gacha to'q rangdan ocharib borishi kuzatiladi.

Agar tasvir **rangli** bo'lsa, yuqorida ta'kidlaganimizdek, bitta pikselda uchta rang (Red-qizil, Green-yashil, Blue-ko'k) aralashmalari mavjud bo'lib, ularning har biri 0-255 oralig'ida tuslanadi. Agar tasvir **kulrang** (yoki *nimrang*; ingl. "Grayscale"; rus. "Полутоновый") bo'lsa, u holda pikselidagi rang qiymatlari faqat bitta rang komponentidan iborat bo'lib, u 0-255 oralig'ida, ya'ni qora (0) dan oq (255) gacha bo'lgan ranglardan iborat bo'ladi. Kulrang tasvirlar hozirgi kunda maishiy hayotimizda deyarli uchramaydi. Lekin, ularni oldinroq, ya'ni bir necha o'n yillar oldin ko'p uchratganmiz. Masalan, oldingi (eski) televizorlarimiz hozirgidek rangli emas, kulrang (odamlar tilida oq-qora deyilgan) bo'lgan, shuningdek, fotosuratlar ham xuddi shunday bo'lgan va h.k.

Kulrang tasvir (yuz tasviri) ning bir bo'lagini kattalashtirilgan holati va undagi piksellarda rang qiymatlarining namuna ko'rinishini 4.2-rasmda ko'rishimiz mumkin.



4.1-rasm. Ikki o'lchovli koordinatalar o'qi bo'yicha tasvir matritsasining ko'rinishi.



4.2-rasm. Kulrang (yuz) tasviri bo'lagi va undagi piksel rang qiymatlari

Raqamli video tushunchalari

Raqamli video-tasvirlar o'z navbatida raqamli tasvirlarning vaqt bo'yicha ketma-ket kelishi bilan ifodalanadi. Masalan, 1 sekund ichida o'rtacha 25 ta tasvir (kadr) ning ketma-ket kelishi bizning ko'zimizga harakatdagi video-tasvir bo'lib ko'rinadi.

Video-tasvirlarni turli uslublar bilan hosil qilish mumkin. Masalan, kameralar yordamida tasvirlarni raqamli ko'rinishda xotiraga yozish mumkin. Kameralarning ham turlari ko'p, masalan Veb-kamera (4.3-rasm), video kamera (4.4-rasm), IP kamera (4.5-rasm).

Video fayllar tasvir+ovoz yoki faqat tasvir shaklida bo'lishi mumkin.

Odatda video fayllar siqilgan holda saqlanadi. Ularning turli formatlari mavjud.



4.3-rasm. Veb kamera



4.4-rasm. Video kamera



4.5-rasm. IP kamera

Rangli tasvirlar haqida

Rangli tasvirlarning har pikseli uchun eng kamida 2 bit kerak. Har bir pikselida rang chuqurligi 16 bit bo'lgan (65536 rangli) tasvir HighColor nomini, har bir pikselida 24 bit bo'lgan (16,7 mln. rangli) tasvir TrueColor nomini olgan. Kompyuterlarning grafik tizimlarida har bir piksel 32, 44 va undan ko'p bit bo'lgan tasvirlardan ham foydalaniladi.

Rangli tasvir uch matritsa (qizil, yashil va ko'k ranglar uchun) yordamida, yoki har bir rang uchun ma'lum bitlarni ajratgan holda bir matritsa yordamida saqlanishi mumkin. Ma'lumki, yoritilganlik darajasining bir-biridan farqi 1 foizdan kam bo'lsa, u holda buni odamning ko'zi odatda seza olmaydi. Shuning uchun rangli tasvirlarni saqlashda uni har bir pikselining rangi uchun bir bayt ajratish yetarli. Ammo foydalanish mumkin bo'lgan natijalarga erishish uchun rangli tasvirning har bir pikselini xotiraga joylashtirishda bir bayt axborotni ishlatish yetarli. Bu holda ikki xil rangning har biri uchun 3 bit va uchinchi rangni berish uchun 2 bit zarur. Matematik nuqtai nazardan, ayrim hollarda rangli tasvirni uch o'lchamli vektorlar matritsasi sifatida qarash qulay.

Rangli tasvirlarni namoyish qilish, qayta ishlash hamda tahlil qilish jarayonlarida texnika va texnologiyalarga bog'liq ravishda turli tipdagi ranglar sistemalaridan foydalaniladi. Hozirda dunyoda keng foydalaniladigan rang sistemalari bilan quyida batafsil tanishib chiqamiz.

4.2. Tasvir sifatini yaxshilash usullari

Tasvirlarni qabul qiluvchi texnik qurilmalarning xususiyati, yorug'lik darajalari va shu kabi xalaqitlar (shovqinlar) ko'rinishidagi boshqa omillar tasvir sifatini tushirib yuborishi mumkin. Tasvirning xalaqitlar komponentlari $n[k_1, k_2]$ tasvirning foydali qismi $s[k_1, k_2]$ ga additiv $f[k_1, k_2] = s[k_1, k_2] + n[k_1, k_2]$ yoki multiplikativ $f[k_1, k_2] = s[k_1, k_2] * n[k_1, k_2]$ qo'shilishi mumkin. Additiv shovqinlar, asosan, video yoki foto kameralarning sezuvchi elementlarining xususiyatlaridan kelib chiqadigan shovqinlardir. Signalning shovqin bilan multiplikativ o'zaro ta'sirining misoli sifatida video ob'ektning yoritilishi (foydali signal) va mahalliy ob'ektlardan aks ettirilgan

yorug'lik oqimi (shovqin) o'rtasidagi munosabatdir.

Agar tasvir sifati yomon bo'lsa, uni yaxshilash zarur. Chunki, sifatlil bo'lmagan tasvirlarni qayta ishlash va belgilarni aniqlash qiyin kechadi. Tasvir sifati yaxshilashning turli usullari mavjud. Masalan, chegaralarni kuchaytirish, xalaqitlarni yo'qotish, tiniqlikni oshirish va h.k.

Mediana usuli

Tasvir sifati yaxshilashda **mediana usulida** filtrlash keng ko'llaniladi. Bu usulning mohiyati tasvir bo'ylab biror oyna bilan harakatlanish va markaziy nuqta qiymati oynadagi qiymatlarni kattaligi bo'yicha tartiblanganda o'rtaga tushuvchi qiymat bilan almashtiriladi. Misol uchun, 3×3 oyna markazida 7 qiymati, ikki yonida 38,45, yuqorisida 3,43,56 va pastida 25,18,93 qiymatlar joylashgan deb faraz

qilaylik, ya'ni $\begin{vmatrix} 3 & 43 & 56 \\ 38 & 7 & 45 \\ 25 & 18 & 93 \end{vmatrix}$ bo'lsin.

Ularni tartiblaymiz: 3, 7, 18, 25, **38**, 43, 45, 56, 93. Markazdagi qiymat (mediana) 38 ga teng. Demak, 7 o'rniga 38 yoziladi: $g(m,n) = \text{med}(f(x,y))$, bu yerda $W(m,n)$ - markazi (m,n) dagi oyna, $f(x,y)$ - shu oynadagi nuqtalar qiymati. Natijada anchagina tekislangan tasvir hosil bo'ladi.

Mediana usuli asosan tasvirda mayda sochma dog'lar bo'lganda ularni yo'qotishda qo'l keladi. Ushbu usulni ketma-ket ikki marta ishlatib olingan natijani quyida (4.6-rasm) ko'rishimiz mumkin. Bunda 4.6a-rasmga e'tibor beradigan bo'lsak, tasvirda mayda nuqtalar (dog'lar) ko'p uchraydi. Natija tasvirda esa (4.6b-rasm) dog'lar bir muncha yo'qolgan. Lekin, aniqlik biroz pasaygan.



4.6-rasm. Sochma dog'li tasvir (a) va dog'lari yo'qotilgan tasvir (b).

Chiziqli tiniqlashtirish usuli

Chiziqli tiniqlashtirish usuli ham tasvirlar sifati oshirish masalalarida ko'p qo'llaniladi. Uning ko'rinishi quyidagicha:

$$G(x,y) = 255 \cdot \frac{G(x,y) - G_{\min}}{G_{\max} - G_{\min}}$$

Bu yerda G_{\min} va G_{\max} - tasvirdagi eng kichik va eng katta rang qiymatlari, $G(x,y)$ - (x, y) koordinatadagi rang qiymati. Bu usulda olingan natija 4.7-rasmida ko'rsatilgan.



4.7-rasm. Berilgan tasvir (a) va sifati oshirilgan tasvir (b).

Shuningdek, tasvir gistogrammalari tahlili asosida ham tasvir tiniqligini oshirish mumkin. Gistogramma usuli quyidagi formula asosida amalga oshiriladi:

$$Q = \sum_{i=1}^{255} (H_i) \cdot r, \quad S_{(i,r)} = \frac{255 - (i-1)r}{Q} \sum_{j=i}^{255} (H_j) \cdot r,$$

$$G(x,y) = \begin{cases} 0, & S_{(i,r)} \leq 0; \\ S_{(i,r)}, & 0 < S_{(i,r)} < 1; \\ 255, & S_{(i,r)} \geq 1. \end{cases}$$

bu yerda H_i – tasvirdagi i rangdagi piksellar soni ($0 \leq i \leq 255$), $G(x,y) = f(x,y)$ koordinatada joylashgan pikselning rang qiymati, r – normallashtiruvchi parametr, $r = 0,3$ bo'lganda algoritm natijasi 4.8-rasmda keltirilgan.



4.8-rasm. Berilgan tasvir (a) va sifati oshirilgan tasvir (b).

Shuningdek, tasvirda notekis taqsimlangan yorug'liklarni normallashtirish amallari ham bajariladiki, bu tasvir sifati yaxshilashga imkon beradi. Odatda tasvir yorug'liklarini normallashtirishda ikki o'lchovli **Gauss filtri**dan foydalaniladi. Uning ko'rinishi quyidagicha:

$$H(x,y) = A \cdot e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}},$$

bu yerda A – normallashtiruvchi konstanta, σ – yoritish darajasini sozlovchi filtr kengligi. Bu formula yordamida tasvir yorug'ligini normallashtirish natijani 4.9-rasmda ko'rsatilgan.



4.9-rasm. Berilgan tasvir (a) va olingan natija (b).

Tasvirda yorug'lik notekis taqsimlangan holatda tasvir yorqinligini normallashtirish bo'yicha o'zimiz ham bir qator tadqiqotlar olib bordik va bir nechta algoritmlar ishlab chiqildi. Quyida ushbu algoritmlardan birini keltiramiz.

Algoritm quyidagi qadamlardan iborat bo'ladi:

1-qadam. Tasvir gistogrammasi – H ni quramiz va undagi og'irlik markazi m_n ni aniqlaymiz.

2-qadam. d parametr (farq)ni aniqlaymiz, ya'ni: $d = |m_n - 127|$.

3-qadam. k parametrni aniqlaymiz. Agar $m_n < 127$ bo'lsa, u holda $k = 1$, aks holda $k = -1$.

4-qadam. Tasvirning har bir koordinatasi bo'yicha piksel rang qiymatlarini yangidan hisoblaymiz, ya'ni:

$$g_{x,y}^{new} = \begin{cases} g_{x,y} + k \cdot d \cdot \frac{g_{x,y}}{m_n}, & \text{acup } g_{x,y} < m_n; \\ g_{x,y} + k \cdot d \cdot \frac{255 - g_{x,y}}{255 - m_n}, & \text{acc xonda.} \end{cases}$$

Yuqorida keltirilgan algoritm asosida olingan natijani 4.10-rasmda ko'rinishimiz mumkin.



4.10-rasm. Notekis yoritilgan (a) va normallashtirilgan (b) tasvirlar.

4.3. Tasvirni binarlashtirish usullari

“Binar” (Binary) soʻzi “ikkili”, “qoʻsh” degan maʼnolarni beradi. Demak, tasvirni binarlashtirish deganda undagi rang qiymatlarini faqat ikki xil rangga, yaʼni oq va qoraga oʻtkazish tushuniladi.

Baʼzi bir masalalarni yechishda tasvirni binar koʻrinishga oʻtkazish talab etiladi. Buning eng asosiy sababi shundaki, binar tasvirida axborot anchayin qisqaradi (ranglar sonini keskin kamayishi hisobiga) va bu holat tasvirni qayta ishlash va tahlil qilish ishlarini osonlashtiradi.

Oldingi boʻlimlarda taʼkidlaganimizdek, bizda asosan rangli va qisman kulrang tasvirlar mavjud. Binarlashtirish uchun esa, bizga kulrang tasvirlar kerak boʻladi. U holda, biz dastavval rangli tasvirlarni ham kulrangga oʻtkazib olishimiz talab etiladi.

Quyida rangli tasvirni kulrang tasvirga oʻtkazish formulalarini koʻramiz.

$$Gray_i = 0,3 \cdot R_i + 0,59 \cdot G_i + 0,11 \cdot B_i \quad \text{yoki} \quad Gray_i = \frac{R_i + G_i + B_i}{3}$$

Bu yerda, R_i, G_i, B_i - rangli tasvirning i, j koordinatasida R-qizil, G-yashil va B-koʻk ranglarning yorugʻlik qiymati, $Gray_i$ - tasvirning i, j koordinatasida yangi hosil boʻlayotgan kulrang pikselning yorugʻlik qiymati.

Rangli tasvirni kulrang tasvirga oʻtkazilgan namunaci quyida (4.11-rasm) koʻrsatilgan.



4.11-rasm. Rangli (a) va kulrang (b) tasvir.

Endi, tasvirni binarlashtirish masalasiga oʻtamiz.

Taʼkidlaganimizdek, binar tasvirida faqat ikkita rang qatnashadi. Bular oq va qora ranglardir. Koʻpincha oq rangdagi sohalar - fon, qora rangdagi sohalar - obʼekt sifatida qaraladi.

Kulrang tasvirni binarlashtirish sharti quyidagicha boʻladi:

$$P_{x,y}^{bin} = \begin{cases} 0 & \text{qora} \\ 255 & \text{oq} \end{cases} \quad \text{agar } P_{x,y} < T, \quad \text{aks holda.}$$

Bu yerda $P_{x,y}$ - tasvirning x, y koordinasidagi qaralayotgan rang qiymati; T - chegaraviy shart (boʻsagʻa); $P_{x,y}^{bin}$ - tasvirning x, y koordinasida yangi hosil qilinayotgan rang (shart asosida oq yoki qora).

Kulrang tasvirni binar tasvirga oʻtkazishda asosiy muammo boʻsagʻa (ingl. “Threshold”, rus. “Porog”) qiymatini avtomatik tanlash hisoblanadi. Koʻpincha, boʻsagʻani T oʻzgaruvchi bilan ifodalanadi.

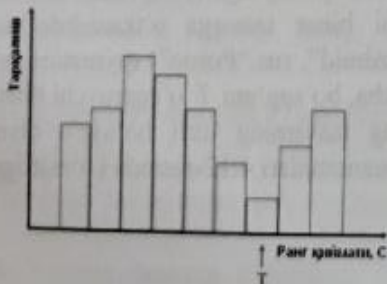
Berilgan kulrang tasvirning turli boʻsagʻa qiymatlarida binar tasvirga oʻtkazilgan namunalari 4.12-rasmida koʻrsatilgan.



4.12-rasm. Kulrang tasvirni binar tasvirga o'tkazilgan namunalar: a) berilgan kulrang tasvir; b) $T=60$ bo'lgandagi natija; c) $T=120$ bo'lgandagi natija; d) T avtomatik tanlangandagi natija.

4.12-rasmdagi namunadan ko'rinib turibdiki, bo'sag'a qiymatini avtomatik, ya'ni biror matematik usul yordamida aniqlanganda (4.12d-rasm), natija qoniqarli bo'ldi. Demak, bo'sag'a qiymatini biror usul yoki algoritim asosida aniqlanishi maqsadga muvofiqdir. Quyida bo'sag'ani aniqlash usullari bilan tanishamiz.

Bo'sag'ani aniqlash uchun asosan tasvir gistogrammalari tahlilidan foydalaniladi [6]. 4.12-rasmda namuna sifatida biror tasvir gistogrammasi va undagi bo'sag'a qiymati - T ning joylashuvi aks etgan. Gistogrammada ikkita o'q mavjud bo'lib, unda gorizontal o'q 0 dan 255 gacha bo'lgan ranglar shkalasini bildirsa, vertikal o'q esa, har bir rang qiymatining qaralayotgan tasvirdagi miqdorini, ya'ni tarqalish sonini bildiradi.



4.13-rasm. Bo'sag'ani tanlash uchun qurilgan tasvir gistogrammasi.

Hozirga qadar T ni aniqlashning gistogramma tahliliga asoslangan bir qator usullari ishlab chiqilgan. Ular ichida eng mashhuri k -o'rtacha algoritmidir. Quyida bo'sag'a tanlashning gistogramma tahliliga asoslangan k -o'rtacha algoritmini ko'ramiz.

Algoritim quyidagi qadamlardan iborat bo'ladi:

1-qadam. Yorug'liklar diapazonida T o'rta qiymat aniqlanadi, ya'ni:

$$T = G_{min} + \frac{G_{max} - G_{min}}{2},$$

bu yerda G_{min} - tasvirdagi eng kichik, G_{max} - tasvirdagi eng katta rang qiymatlari.

2-qadam. T ga nisbatan gistogrammaning har ikki tomonida og'irlik markazlari m_1, m_2 hisoblanadi;

3-qadam. Bo'sag'a qaytadan hisoblanadi, $T^{new} = \frac{m_1 + m_2}{2}$;

4-qadam. Agar $|T - T^{new}| > 0$ bo'lsa, u holda $T = T^{new}$ va 2-qadamga o'tiladi.

Bu jarayon toki eski va yangi bo'sag'a orasidagi absolyut farq nol bo'lgunga qadar davom etadi.

4.13-rasmdagi kulrang tasvirning gistogrammasi va unda k -o'rtacha algoritmi bo'yicha topilgan T bo'sag'a qiymati hamda shu qiymat bo'yicha olingan binar tasvir natijasini quyida (4.14-rasm) ko'rishimiz mumkin.



4.14-rasm. k -o'rtacha algoritmi bo'yicha tasvirni binarlashtirish natijasi.

Yana, bo'sag'a qiymatini aniqlashning mashhur usullaridan biri

tanishamiz.

Otsu usulida bo'lishi mumkin bo'lgan optimal bo'sag'aning eng katta qiymatini tanlaydi va natijada tasvirda ob'ekt va fon ajratiladi. Bo'sag'a tanlash orqali tasvirdagi barcha nuqtalarni eng yaxshi qismlarga ajratishga erishiladi. Nazariya orqali qism chegarasida biz faqat uning natijalarini tekshiramiz va ularni bajarishga beramiz. Asos sifatida tasvirda har bir qiymatdagi ajratilgan nuqtalarning umumiy sonidan iborat bo'lgan gistogrammadan foydalaniladi.

Ehtimolli taqsimlanish quyidagicha hisoblanadi:

$$p_i = \frac{n_i}{N},$$

bu yerda n_i - i - chi rangdagi piksellar soni, N - tasvirdagi barcha piksellar soni.

Gistogrammaning boshlang'ich qiymatidan k qiymatigacha bo'lgan yig'indini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$\alpha(k) = \sum_{i=1}^k p_i \text{ va } \mu(k) = \sum_{i=1}^k i \cdot p_i.$$

Tasvirda natija qiymatiga quyidagi formula orqali ega bo'linadi:

$$\mu_T = \sum_{i=1}^L i \cdot p_i,$$

bu yerda L - k - chi darajadagi bo'sag'a.

Quyidagi munosabat orqali qismlarga ajratish qiymati aniqlanadi:

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T \alpha(k) - \mu(k)]^2}{\alpha(k)[1 - \alpha(k)]}.$$

Qismlarga ajratish qiymatining eng katta qiymati optimal bo'sag'a qiymatini beradi, ya'ni T_{opt} optimal bo'sag'a qiymati quyidagicha hisoblanadi:

$$\sigma_B^2(T_{opt}) = \max_{1 \leq k \leq L} \sigma_B^2(k).$$

Otsu usulida tasvirni binarlashtirish natijasini quyida quyida (4.15-rasm) ko'rishimiz mumkin.



4.15-rasm. Berilgan kulrang tasvir (a) va Otsu usulida binarlashtirish natijasi (b).

Shuningdek, soddalashgan holda bo'sag'a tanlash usullari mavjud. Qaralayotgan sohada bo'sag'ani tanlashda shu sohada rang qiymatlarining o'rtachasini, ya'ni o'rta arifmetigini olish mumkin ya'ni,

$$T = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P_{i,j},$$

bu yerda $P_{i,j}$ - berilgan tasvirning i, j koordinatasidagi pikselning yorug'lik qiymati.

Mediana usulida esa, qaralayotgan soha qiymatlari bo'yicha qurilgan to'plam tartiblanib, ularning markazida joylashgan qiymat olinadi. Masalan, $G = \{G_1, G_2, \dots, G_k\}$ to'plam berilgan bo'lsin. Uning tartiblangan ko'rinishini $G^{(N)} = \{G_1, G_{p-1}, G_p, G_{p+1}, \dots, G_n\}$ deb olsak, u holda mediana usulida bo'saga qiymati quyidagiga teng bo'ladi:

$$T = G_p.$$

Va nihoyat soddalashgan holda bo'sag'a tanlashning uchinchi ko'rinishi quyidagicha.

$$T = (G_{\min} + G_{\max})/2.$$

Tasvir kattaroq xajmda bo'lsa, bu usul bo'yicha tanlab olingan bo'sag'a tasvirning barcha sohasi uchun ham yaxshi natija bermasligi mumkin. Shuning uchun tasvirni binar tasvirga o'tkazish jarayonlarini kichik sohalarda amalga oshirish maqsadga muvofiqdir. Masalan, 10×10 , 16×16 yoki 32×32 kabi kichik sohalarda tasvir binar tasvirga o'tkazilganda undagi sezilarsiz farqlar ham aniqlanadi.

4.4. Tasvir kontur chiziqlarini aniqlash usullari

Tasvir konturlari (yoki chegara chiziqlari) tasvirdagi ob'ektni xarakterlovchi asosiy belgilardan hisoblanadi. Ya'ni, biz bu usullar yordamida tasvirdagi ortiqcha axborotlarni yo'qotish va ishonchli axborotlarni ajratib olishdek muhim jarayonni amalga oshiramiz.

Endi, bevosita tasvir konturi tushunchasiga to'xtalsak. Fiziologlarning tajriba yo'li bilan aniqlashlaricha, inson ko'rish jarayonida o'z diqqatini tasvirdagi bir jinsli deb atash mumkin bo'lgan, o'rtacha yorug'ligi bir xil soxalar orasidagi chegaralarga qaratadi. Bu chegara chiziqlari (kontur) ning axborotga naqadar boyligi va tasvirni tahlil etish uchun ularni ajratib olish maqsadga muvofiqligidan dalolat beradi.

Aslida tasvirlarga ishlov berish va taxlil etishning mazmuni - bu ularni soddalashtirishdir. Murakkab ob'ekt (manba tasvir) bir necha ketma-ket amallar yordamida oddiyroq tasvirga aylantiradi. Ko'pincha, bu ketma-ketlikning tabiiy bosqichi sifatida tasvirdan kontur olish tushuniladi, chunki kontur tasvirning barcha muhim qismlari va xususiyatlarini o'zida saqlab qoladi. Ob'ekt konturi deganda uning barcha chegaraviy chiziqlarining yig'indisi tushuniladi. Tasvirda chegara soxasi yorug'likning keskin o'zgarishi bilan belgilanadi, ya'ni tasvirning yorug'ligi taqriban bir xil deb qabul qilinishi mumkin bo'lgan qismidan sezilarli farq qiluvchi ikkinchi shunday bir qismga o'tadigan soxalar chegaraviy soxalar deyiladi. Ko'pincha tasvirdagi chegara saqlovchilarning nur qaytarish xususiyati va sirtining kamchiliklari, soyalar va notekis yoritish hamda boshqa sabablarga ko'ra paydo bo'ladi. Lekin shunga qaramay, konturlar tasvir va undagi ob'ektlar tavsifini tuzish uchun muhim xususiyatlarni aniqlovchi belgilarning asosi bo'lib xizmat qiladi.

Kontur (chegaraviy chiziqlar)ni oddiy misolda tushuntirsak. Faraz

qiling, siz kimningdir hovlisiga (uyiga) kiringiz. U yerda siz shu hovli bilan qo'shni hovli o'rtasida devorni (chegarani) ko'rasiz. Devor nima uchun aniqlab qo'yiladi? Sababi, ikki qo'shnilar bir xil emaslar, familiyadosh ham emas, qarindosh ham emas. Xullas, ikki qo'shnida har xillilik, ya'ni bir-biridan keskin farqlanish mavjud.

Demak, tasvirdagi kontur chiziqlari deb shunday nuqtalarga (piksellarga) aytiladiki, bu nuqtadagi rang qiymati uning atrofidagi biror qo'shni nuqtalardagi rang qiymatidan keskin farq qilishi kerak. Masalan, tasvirda qaralayotgan i, j nuqta rangi bilan uning o'ng qo'shnisi bo'lgan $i+1, j$ nuqtadagi rang qiymati farqi yetarlicha katta bo'lishi, shu ikkita nuqtadan birini kontur nuqtasi deb olishga asos bo'ladi. Ya'ni:

$$|P(i, j) - P(i+1, j)| > e,$$

bu yerda $P(i, j)$ - tasvirning i, j kordinatasidagi rang qiymati, e - yetarli katta son miqdori.

Tasvir konturlarini aniqlash masalalarida tasvir gradienti tushunchasi ko'p uchraydi. Konturli gradient - bu tasvirdagi o'zaro qo'shni nuqtalar ranglarining farqidir. Masalan, $P(i, j)$ va $P(i+1, j)$ o'zaro qo'shni nuqtalarning gradienti, shu nuqtalar rang qiymatlarining absolyut farqiga teng, ya'ni:

$$\text{Grad}(i, j) = |P(i, j) - P(i+1, j)|.$$

Bu yerda $P(i, j)$ - tasvirning i, j kordinatasidagi nuqta (piksel) ning rang qiymati. Tasvir gradientlari aksariyat hollarda kulrang tasvirlarda aniqlanadi. Shuning uchun kulrang tasvirning ixtiyoriy nuqtasidagi rang qiymati $0 \div 255$ oralig'idagi qiymatlarni qabul qiladi.

Endi, bevosita tasvir gradientlarini aniqlash usullari bilan tanishsak.

Vertikal yo'nalishda gradientni hisoblash. Bunda ikkita qo'shni nuqtalar shunday tanlanadiki, ular bir vertikal chiziqda bo'lishi (yotishi) kerak. Demak, qaralayotgan nuqtaning yuqori yoki pastki (quyi) qo'shnisi bilan rang farqi hisoblanadi. Masalan, qaralayotgan $P(i, j)$ nuqtaning quyi qo'shnisi bilan gradient farqini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$\text{Grad}(i, j) = |P(i, j) - P(i, j+1)|.$$

Gorizontal yo'nalishda gradientni hisoblash. Bunda ikkita qo'shni nuqtalar shunday tanlanadiki, ular bir gorizontal chiziqda bo'lishi (yotishi) kerak. Demak, qaralayotgan nuqtaning chap yoki o'ng qo'shnisi bilan rang farqi hisoblanadi. Masalan, qaralayotgan $P(i, j)$ nuqtaning o'ng qo'shnisi bilan gradient farqini quyidagicha hisoblash mumkin:

$$\text{Grad}(i, j) = |P(i, j) - P(i+1, j)|.$$

Gradient hisoblashning Robert usuli. Robert quyidagi oddiy chiziqsiz formulani tavsiya qildi:

$$\text{Grad}(i, j) = \sqrt{(P(i, j) - P(i+1, j+1))^2 + (P(i, j+1) - P(i+1, j))^2}.$$

Robertning keyingi formulasi esa, hisoblash uchun osonroq va u quyidagicha:

$$\text{Grad}(i, j) = |P(i, j) - P(i+1, j+1)| + |P(i, j+1) - P(i+1, j)|.$$

Gradient hisoblashning Sobel usuli. Chegara ajratishning 3×3 darchali Sobel usuli ham o'ziga xosdir. Sobel quyidagi formulani taklif qildi:

$$G(i, j) = \sqrt{X^2 + Y^2},$$

bu yerda

$$X = (A_3 + 2A_4 + A_5) - (A_0 + 2A_1 + A_2)$$

$$Y = (A_0 + 2A_1 + A_2) - (A_6 + 2A_7 + A_8)$$

A ning qiymatlarini 4.16-rasmdagi 3×3 oynadan olinadi.

A_0	A_1	A_2
A_3	$A(i, j)$	A_5
A_6	A_7	A_8

4.16-rasm. 3×3 o'lchamli Sobeloynasi.

Kontur ajratishning niqoblar usuli. Bu usulda 3×3 ishchi oynaning mos koordinatalardagi rang qiymatlari niqobdagi mos koordinatalardagi son qiymatlariga ko'paytiriladi va natijalar yig'iladi (qo'shiladi). Masalan, niqob ko'rinishi quyidagicha bo'lsin.

$$H = \begin{matrix} & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & 1 & \\ -1 & -1 & -1 & \end{matrix}$$

U holda ishchi oynadagi gradient quyidagicha hisoblanadi.

$$\begin{aligned} \text{Grad}(i, j) = & [1 * P(i-1, j-1)] + [1 * P(i, j-1)] + [1 * P(i+1, j-1)] + \\ & [1 * P(i-1, j)] + [-2 * P(i, j)] + [1 * P(i+1, j)] + \\ & [-1 * P(i-1, j+1)] + [-1 * P(i, j+1)] + [-1 * P(i+1, j+1)] \end{aligned}$$

Quyidagi jadvalda (4.1-jadval) bir necha niqob turlarini ko'rishimiz mumkin.

4.1-jadval.

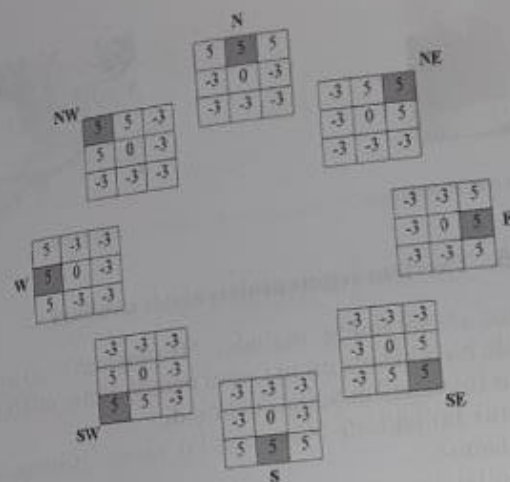
Niqob nomi	Niqob ko'rinishi
Shimol	$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ H = 1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \end{matrix}$
	$\begin{matrix} 1 & 1 & 1 \\ H = -1 & -2 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{matrix}$

Sharq	$H = \begin{vmatrix} -1 & 1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$
Janubiy-sharq	$H = \begin{vmatrix} -1 & -1 & 1 \\ -1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$
Janub	$H = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$
Janubiy-g'arb	$H = \begin{vmatrix} 1 & -1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & 1 \end{vmatrix}$
Harb	$H = \begin{vmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \end{vmatrix}$
Shimoliy-G'arb	$H = \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -2 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \end{vmatrix}$

Shuningdek, gradientlarni hisoblashda Laplas niqoblaridan ham foydalanish mumkin. Laplas niqoblarining uch xilini quyida ko'ramiz.

$$H_1 = \begin{vmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{vmatrix} \quad H_2 = \begin{vmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{vmatrix} \quad H_3 = \begin{vmatrix} 1 & -2 & 1 \\ -2 & 4 & -2 \\ 1 & -2 & 1 \end{vmatrix}$$

Chegara ajratuvda Kirsh (Kirsch) niqoblaridan ham foydalaniladi. Bizga ma'lumki, Kirsh niqoblaridan 3×3 ishchi oynaning markaziga nisbatan 8 ta qo'shni nuqtalar qiymatlarini o'zgartirish (niqob yordamida qayta hisoblash) orqali chegaraviy nuqtalarni aniqlashda foydalaniladi. Kirsh niqoblarini quyida ko'rishimiz mumkin (4.17-rasm).



4.17-rasm. 8 yo'nalishli Kirsh niqoblari.

Bu yerda *N* – North (Shimol), *S* – South (Janub), *W* – West (G'arb), *E* – East (Sharq), *NW* – North West (Shimoliy g'arb), *SE* – South East (Janubiy sharq), *SW* – South West (Janubiy g'arb), *NE* – North East (Shimoliy sharq) yo'nalishlarini anglatadi.

Niqoblarni o'zimiz ham qurib olishimiz mumkin. Bunda faqat shuni e'tiborga olish lozimki, niqoblardagi 9 ta qiymatlar o'zaro qo'shilganda natija 0 ga teng bo'lishi kerak.

Odatda, tasvir gradienti kontur chiziqlarini aniq-tiniq bermaydi. Gradient tasvirning konturlarini yaqqol aniqlash uchun uni binarlashtirish zarur. Binarlashtirish usullari bilan oldingi bo'limlarda tanishgan edik.

Quyidagi tasvirlarda (4.18-rasm) kulrang tasvir (a) va uning Robert usuli bo'yicha aniqlangan gradienti (b) hamda konturi (c) ko'rsatilgan.



4.18-rasm. Kuzrang tasvir (a), uning Robert gradienti (b) haqida konturi (c).

4.5. Tasvirni segmentatsiyalash usullari

“Segmentatsiya” so‘zining ma‘nosi “Bo‘lakash” so‘ziga mos keladi. Shu sababli, bu ikki so‘z bir ma‘noni beradi. Ilmiy adabiyotlarda har ikki termindan foydalanish hollari uchraydi.

Quyida tasvirni bo‘lakash bilan bog‘liq asosiy tushunchalar va usullar bilan tanishamiz.

Tasvirlarni bo‘lakash deb, ularni talqin etish mumkin bo‘lgan bo‘laklarga ajratish tushuniladi. Shu sababli uning amaliy jihatdan muhim xususiy holi – bu yorug‘lik, geometrik va boshqa xususiyatlari tomonidan ham, mohiyati jihatidan ham turlicha bo‘lgan ob‘ektlarni ajratib olish masalasidir. Bo‘lakashning muhim vazifalaridan biri tasvirga ishlov berishning keyingi bosqichlarida ishlatilmaydigan axborotni tashlab yuborishdir.

Masalaning bir necha matematik ifodasi mavjud, ularning umumiyrog‘i bir jinslilik predikati orqali berilgan. Agar $f(x,y)$ bo‘laklanayotgan tasvir yorug‘lik funksiyasi; x – uning aniqlanish sohasining chekli to‘plamostisi; $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$ – x ni k ta bo‘shmas bog‘langan to‘plamostilarga ajratish; P_n-S to‘plamida aniqlangan va faqatgina biror S_i , $i \in \{0, k\}$ to‘plamostining ikki nuqtasi ma‘lum bir birjinslilik kriteriyasini qanoatlantirgandagina 1 “rost” (TRUE) qiymatni oladigan predikat bo‘lsa, tasvirni bo‘lakash deb, uni $S^* = \{S_1^*, S_2^*, \dots, S_k^*\}$ bo‘laklarga ajratish tushuniladi.

Tasvirlarni bo‘lakashda elementlarning o‘xshash yoki farqlanishini nazariy asoslovchi birjinslilik predikati muhim ahamiyatga ega. Bo‘lakashning biror algoritmini qo‘llash jarayonida bo‘lakash sohalari va bir jinsli sohalarni qanday belgilashni oldindan hal etish lozim. Bunday belgilarning soni ob‘ektlar yoki ob‘ekt

sinflarining soni bilan aniqlanadi.

Bo‘lakash masalasini yechishga ikki xil yondoshish mumkin. Birinchisi bir soxadan ikkinchisiga o‘tishda tasvir nuqtalari xususiyatlarining «uzilish» g‘oyasiga asoslangan. U bo‘lakashni soxalarning chegaralarini aniqlash masalasiga keltiradi. Ikkinchisi esa, bir xil xususiyatli nuqtalarni ajratib olib, ularni birlashtirish, nom berish yoki mazmunan nishonlashga asoslangan. Birinchi yo‘nalish soxalarning chegaralarini ajratib bo‘lakash deyilsa, ikkinchisi soxa nuqtalarini tanlab nishonlash asosida bo‘lakash deyiladi.

Tasvirlarni bo‘lakashda **soha o‘stirish usullari** ko‘proq qo‘llaniladi. Bu usullar tasvirlarni bo‘lakash uchun lokal belgilar haqidagi axborotdan faol foydalanishga asoslangan va g‘oyasi juda sodda. Manba tasvirda bir nechta boshlang‘ich nuqta olinadi va ma‘lum belgilar bilan belgilanadi, so‘ngra ularning atrofidagi nuqtalar tahlil qilinadi. Agar ko‘rilayotgan ikki nuqta (dastlab boshlang‘ich va atrofidagi biror nuqta, keyin esa oldingi qadamda aniqlangan nuqta va uning biror qo‘shnisi) uchun birjinslilik sharti qanoatlansa, qo‘shni nuqta bo‘laklangan sohaning belgisi bilan belgilanadi. Keyin belgilangan yangi nuqta uchun yana shu jarayon qaytariladi, ya‘ni atrofda u bilan birjinslilik shartini qanoatlantiruvchi yangi nuqta izlanadi. Bu jarayon toki tasvirning hamma nuqtalari belgilanmaguncha davom etadi.

Agar oldindan tasvirdagi birjinsli maydonlar soni va boshlang‘ich nuqtalarning o‘rni (maydon chegarasidan yetarlicha uzoqda) ma‘lum bo‘lsa, va birjinslilik mezoni hisoblash uchun murakkab bo‘lmasa, ko‘rilayotgan usul yordamida yetarlicha sodda algoritmlar tuzish va sifatli natijalar olish mumkin, aks xolda (amalda ko‘pincha shunday) bu usullar ancha murakkab jarayonga aylanadi.

Umuman olganda, tasvirlarni segmentatsiyalar usullarini quyidagi to‘rtta sinfga ajratish mumkin.

- 1) Vizual bir jinsli sohalar asosida segmentatsiyalash.
- 2) Sohalarni chegaralarini ajratish orqali segmentatsiyalash.
- 3) Pikel xususiyatlari asosida segmentatsiyalash.
- 4) Fizik xususiyatlar asosida segmentatsiyalash.

Masalan, fizik xususiyatlar asosida segmentatsiyalashga misol sifatida odam teri rangini ajratib olish masalasini ko‘rishimiz mumkin. Ma‘lumki, rangli tasvirlarda bitta nuqtadagi rang qiymati uchta rang (R – qizil, G – yashil, B – ko‘k) aralashmalaridan tashkil topgan. Teri rangidagi

sohalarni ajratish uchun aynan shu ranglar uchun quyidagi shartlar bajarilishi talab etiladi:

$$R > 95 \text{ va } G > 40 \text{ va } B > 20 \text{ va } \max(R, G, B) - \min(R, G, B) > 15 \text{ va}$$

$$|R - G| > 15 \text{ va } R > G \text{ va } R > B \text{ va } [(R * 100) / (R + G + B)] < 57 \text{ va}$$

$$[(G * 100) / (R + G + B)] < 35 \text{ va } [(B * 100) / (R + G + B)] < 35.$$

Berilgan rangli tasvirda teri rangini bo'laklab olish natijasi quyida (4.19-rasm) ko'rsatilgan.



4.19-rasm. Berilgan rangli tasvir (a) va teri rangi sohasi (b).

Endi, bevosita tasvirlarni bo'laklashning bir nechta usullari bilan tanishamiz.

Tasvirlarni bo'laklashning bo'sag'ali usullari. Eng oddiy va shu sababli keng tarqalgan bo'laklash usullaridan biri tasvir nuqtalari yorug'ligini bo'sag'alashdir. Bo'sag'ali ishlov berishning mazmuni tasvir yorug'lik funksiyasi $f(x, y)$ ni $S(x, y)$ ga akslantiruvchi T operator ishlatish demakdir:

$$S(x, y) = \begin{cases} \lambda_i, & \text{b}yep\delta a T_i \leq f(x, y) < T_{i+1}; \\ \lambda_0, & \text{b}yep\delta a f(x, y) \leq T_0; \\ \lambda_{k-1}, & \text{b}yep\delta a f(x, y) > T_{k-1}; \end{cases}$$

bu yerda $S(x, y)$ – tasvirlarning bo'laklangan holdagi yorug'lik

funksiyasi. K – bo'laklangan sohalarni soni; $\lambda_0, \lambda_1, \dots, \lambda_{k-1}$ – bo'laklangan sohalarning nishonlari; T_0, T_1, \dots, T_{k-1} – qiymatlarining o'sishish bo'yicha tartiblangan bo'sag'alar ketma-ketligidir. Berilgan oraliqda yotuvchi manba tasvir nuqtalari $\lambda_i, i \in [1, K]$ nishon bilan nishonlanuvchi birjinsli sinf tashkil etadilar.

$f(x, y)$ tasvirlardan bo'laklangan $S(x, y)$ ko'rinishga o'tish faqat nuqtalar yorug'ligi asosidagina emas, (x, y) koordinatalar yoki biror mahalliy xususiyat $N(x, y)$ asosida ham amalga oshirilishi mumkin. Demak, bo'sag'ali ishlov berishga ma'lum bir vaziyatda $T = [f(x, y), (x, y), N(x, y)]$ bo'sag'a funksiyasini ishga tushirish amali sifatida ham qarash mumkin. Tasvirning har bir nuqtasi bir emas bir necha xususiyatlar to'plami $N_1(x, y), N_2(x, y), \dots, N_l(x, y)$ bilan bo'laklanishi mumkin. $l > 1$ bo'lganda $T_i, i \in [1, K]$ bo'sag'alarni tanlash jarayoni adabiyotlardan ma'lum tanib olish (raspoznavanie) nazariyasiga aylanadi.

T operator funksiyasining ko'rinishiga karab bo'sag'ali bo'laklash usullari ikkiga bo'linadi. Agar bo'sag'a qiymati tasvir bo'ylab o'zgarmas bo'lsa va mahalliy xususiyat $N(x, y)$ ga bog'liq bo'lmasa, bunday ishlov berish hamda bo'sag'aning o'zi umumiy (global) deyiladi. Agar T funksiya $F(x, y)$ gagina emas, (x, y) koordinatalar va mahalliy xususiyat $N(x, y)$ ga ham bog'liq bo'lsa, unday ishlov berish va bo'sag'aning o'zi mahalliy deb ataladi. Mahalliy bo'sag'ali ishlov berishga ko'pincha mos umumiy usullarning uzviy rivoji deb qarash mumkin.

O'zgaruvchan bo'sag'ali bo'laklash usuli. Bunda barcha tabiiy tasvirlar uchun xos bo'lgan notekis yoritilganlik hollarida qo'llaniladi. Bunda ob'ekt va fon elementlarining yorug'lik darajalari nisbatan ko'p ham buzilmasada, tasvirning bir qismida fon va ob'ekt yorug'rok, boshqa qismida xiraroq bo'lishi mumkin. Agar shu tasvir uchun o'zgarmas bo'sag'a ishlatilsa u tasvirni biror qismida yaxshi, ikkinchisida esa yomon natijalar berishi mumkin, ya'ni nuqtalarini fonga yoki aksincha bo'laklashi mumkin. Shu kabi muhokamalar tasvirdagi manzaralarda soyalar bo'lsa yoki tasvir sezgirligi o'zgaruvchan qurilma yordamida xosil qilinganda ham o'rinli bo'ladi.

Agar notekis yoritish (yoki soya tushishi) biror funksiya yordamida ifodalanadigan bo'lsa, yorug'lik darajasidagi bu xatolikni dastlabki ishlov berish jarayonida matematik yo'l bilan yo'qotish mumkin. Bu

holda umumiy bo'sag'ali bo'laklash qoniqarli natijalar beradi. Agar xatolik haqida oldindan berilgan axborot mavjud bo'lmasa, unda tasvir yoritilish sifati taxminan bir xil maydonlarga bo'linadi va ularning har biri uchun alohida bo'sag'a tanlanadi. Odatda fon va (bitta) ob'ektdan tashkil topgan tasvir gistogrammasi qo'sh cho'qqili bo'ladi va bo'sag'a qiymati ular orasidagi eng past joyga mos keladi. Agar maydon faqat ob'ekt yoki fondan iborat bo'lib, mahalliy bo'sag'a tanlashning iloji bo'lmasa uning bo'sag'asi unga yaqin bo'lgan qo'sh cho'qqi gistogrammali maydonlarning mahalliy bo'sag'alarining interpolatsiyasi yordamida topiladi.

Bo'laklashning bu usuli tasvirdagi kichik yuzali ob'ektlarni ajratishda yaxshi samara beradi. Bu usul bilan ishlaganda aniq ko'rinib turgan cho'qqi olishning imkoni bo'lmagan kichik maydonlardan kattarak yuzali maydonga o'tish va uning gistogrammasini qo'shcho'qqilikka tekshirish lozim. Tekshirish muvaffaqiyatli chiqqan holda olingan mahalliy bo'sag'a qiymati qolgan maydonga interpolatsiya qilinadi. Yorug'ligi juda xilma-xil bo'lgan tasvirlarda gistogramma yordamida bo'sag'a tanlash usuli yaxshi samara bermaydi. Bunday hollarda bo'laklashning boshqa usullari, masalan soha o'stirish usulidan foydalaniladi.

Donalab o'stirish algoritmlarida nuqta shoxlanish nuqtasi deb qaraladi va yorug'lik darajasi unikiga yaqin bo'lgan elementlar unga qo'shib olinadi. Bog'lanish uzilmagan komponentaga tegishli nuqtalarning maksimal to'plami izlangan bo'laklar bo'ladi. Bu yerda birjinslilik mezonini – «yetarlicha o'xshash» tushunchasi – qo'shni nuqtalar yorug'ligining farqi bilan aniqlanadi: ikkita nuqta yetarlicha o'xshash bo'ladi, agar ularning yorug'liklari farqi yetarlicha kichik bo'lsa. Bu usul algoritmlari o'zining soddaligi bilan diqqatga sazovor, lekin ularda turli soha nuqtalarining qo'shilib ketish ehtimoli yuqori, shuning uchun birjinslilik mezonini aloxida e'tibor bilan tanlash zarur.

Duragay qo'shib olish usuli bilan o'stirish algoritmlari donalab o'stirishga nisbatan ishonchliroq, chunki o'xshashlikni aniqlashda ma'lum xossalar vektoridan foydalanib, turli sohalarning qo'shilib ketishiga kamroq yo'l qo'yadilar. Bu xossalar nuqtaning $N \times N$ atrofdagi nuqtalarga bog'liq; nuqtalar o'xshash deyiladi, agar ularning atroflari ma'lum ma'noda o'xshash bo'lsalar (bo'laklash nuqtalarining xususiyatlari vektorlarini solishtirish yo'li bilan amalga oshiriladi).

Masalan, (f_1, a) , (f_2, b) – ikki nuqtaning belgilari (xususiyatlari) vektori bo'lsin, bu yerda f_1, f_2 nuqtalarning yorug'lik qiymati, a, b – ularning $n \times n$ atrofining o'rtacha yorug'ligi. $P = W_1(f_1 - f_2) + W_2(f_1 - b) + W_3(f_2 - a)$ ifoda, bu yerda W_1, W_2, W_3 – musbat ta'sir koeffitsientlari, o'xshashlikni aniqlaydi. Agar P yetarlicha kichik bo'lsa, nuqtalar o'xshashdir.

Markaziy qo'shib olish yuli bilan o'stirish bo'laklashning eng keng tarqalgan usullariga kiradi. Unda boshlang'ich nuqta va nishonlarni tanlashda xech qanday turli nishonli ikki nuqta qo'shni bo'lmasligiga harakat qilinadi va agar oldindan ob'ektlarning tasvirda joylashishi haqida axborot ma'lum bo'lsa, ushu: 1) turli nishonli nuqtalar turli ob'ektlarga; 2) bir xil nishonli ob'ektlar 1 ta ob'ektga qarashli bo'lishi kerak degan talablar bajarilishiga uzoq olinib talablar faqat boshlang'ich nuqtalar bir-biridan yetarlicha uzoq olinib (ob'ektning maksimal kengligidan kattaroq masofada), aloxida nishonlar bilan nishonlangandagina bajariladi. Bir nechta nuqta bir xil nishon bilan nishonlanganda ular deyarli bir jinsli maydon xosil qilishi kerak, odatda bu bog'liq maydon bo'ladi. Shunday qilib oldindan ma'lum axborot asosan boshlang'ich nuqtalar tanlash uchun ishlatiladi.

Boshlang'ich nuqtalar tanlash nolinch qadam, k – qadamdan $(k+1)$ – chisiga o'tish quyidagicha. Agar S_k K – qadamdan so'ng xosil bo'lgan nuqtalar to'plami bo'lsa, $(k+1)$ – qadamda S_k ga taqalib turgan, ya'ni S_k ga kirmaydigan, lekin xech bo'lmaganda bitta S_k ga qarashli qo'shnisi bor nuqtalar taxlil qilinadi. Faraz qilaylik A shunday nuqta va $\lambda_1, \dots, \lambda_r$ lar $(K+1)$ – qadamda ishlatiladigan nishonlar bo'lsin. 1) Agar A ning barcha qo'shnilari λ_j nishonli bo'lsa va A ular bilan birga biror bir jinslilik shartini (odatda $|B(A) - B_j| < T$, $B(A)$ A nuqtadagi yorug'lik B_j – nishonli nuqtalarning o'rtacha yorug'ligi, T tanlab olingan bo'sag'a) qondirsa A nuqta λ_j nishon bilan, aks holda λ_{j+1} nishon bilan belgilanadi; 2) qo'shni elementlar $\lambda_1, \dots, \lambda_r$ nishonli bo'lsa (4-bog'lanishda $l \leq 4$) ularning har biri uchun

$$|B(A) - B_j| < T, i \in [1, l]$$

shart tekshiriladi, agar u yagona $i=i^0$ uchun bajarilsa A nuqta λ_{i^0} bilan nishonlanadi, aks holda A yangi nishon bilan nishonlanadi. Murakkab hollarda bu shart bir nechta nuqta uchun, masalan $i=1$ va $i=2$ uchun o'rinni. Bu hollarda λ_1 va λ_2 nishonli sohalarda qo'shilib ketadi. Qo'shilib

ketish deganda λ_1, λ_2 nishonlardan yagona $\min(\lambda_1, \lambda_2)$ nishonga o'tib nuqtalarni qayta boshdan nishonlash o'zgartiriladi. Oldin ko'rib o'tilgan qo'shib ketishi markaziy qo'shib olish usulining muhim vaziyatlaridandir. Bu muammo (qo'shib ketish) qanchalik kam uchrasa, algoritmi natijasi shuncha ishonchli va ishlash vaqti shuncha kam bo'ladi. Odatda qo'shib ketishlar soni bo'sag'ani va boshlang'ich nuqtalarni to'g'ri tanlashga bog'liq. Odatda bu muammoni hal etishda evristik shartlardan foydalaniladi. Faraz qilaylik P_1 perimetrli R_1 soha P_2 perimetrli R_2 sohaga chegaradosh va ularning umumiy chegarasi S uzunlikka ega bo'lsin. Bu chegaraning ikki yonidagi nuqtalar yorug'ligi farqi $T > 0$ bo'sag'adan kichik bo'lgan qismi uzunligi D ni topamiz. Agar $D > 0,5 \min(P_1, P_2)$ bo'lsa, R_1 va R_2 qo'shnilari, aks holda o'zgarishsiz koladi. Bu kichik yuzali sohalarning katta yuzalilariga singib ketishiga olib keladi, o'zaro yaqin yuzalilari esa o'zicha koladi. $D > 0,75 c$ da ortiqcha qo'shib ketish ro'y beradi.

Sohalarning qo'shilishi-bo'linishi usulida tasvirlarni bo'laklash. Bu usul algoritmlari markaziy qo'shib olish algoritmlaridan asosan nuqtalarni ko'rib chikish tartibi bilan farqlanadi. Ular iloji boricha kattaroq bir jinsli maydonlar ajratishga qaratilgan.

Tasvir $m \times m$ ($m = 2^k$) nuqtadan iborat deylik. Aloxida nuqtalarini 0 darajali sohalari deb ularni $S_{ij}^0, i, j \in [1, 2^k]$ bilan nishonlaymiz. Birinchi darajali sohalarni esa 4 ta 0-darajali soha yig'indisini $S_{ij}^0 = S_{2i-1, 2j-1}^0 \cup S_{2i-1, 2j}^0 \cup S_{2i, 2j-1}^0 \cup S_{2i, 2j}^0$ bilan aniqlaymiz. Endi $P \leq K$ uchun R-darajali sohani aniqlaymiz:

$$S_{ij}^P = S_{2i-1, 2j-1}^{P-1} \cup S_{2i-1, 2j}^{P-1} \cup S_{2i, 2j-1}^{P-1} \cup S_{2i, 2j}^{P-1};$$

Oxirgisi K - darajali soha bo'ladi, u yagona bo'lib, manba tasvirga tengdir. Bu bo'linishlarning asosiy xususiyatlari quyidagilardan iborat:

- 1) R - darajali sohalari soni, $0 \leq P \leq K$, $2^{2^{(K-P)}}$ ga teng;
- 2) ixtiyoriy daraja sohalari yig'indisi manba tasvirni beradi;
- 3) har bir R - darajali soha 2^{2^R} ta elementdan iborat;
- 4) har bir $(R+1)$ - darajali soha R - darajali 4 soha yig'indisidan iborat.

Bu algoritmi ko'rilayotgan daraja uchun har bir mos 4 ta qo'shnini

ko'rib, agar ular biror birjinslilik shartini qanoatlantirsa, hammasiga o'rtacha qiymat beradi (shu 4 qiymatning o'rtachasini), aks holda ularni foydalanmaydi. Shu darajali barcha sohalari ko'rib chiqilgach, navbatdagi darajaga o'tiladi va oldingi daraja elementlarining 4 tasini bu darajadagi 1 ta element deb qarab, yuqoridagi jarayon takrorlanadi. Masalan, S_{ij} sohalarning har bir elementi $S_{2i-1, 2j-1}, \dots, S_{2i, 2j}$ lardan, S_{ij}^2

niki esa, $S_{2i-1, 2j-1}, \dots, S_{2i, 2j}$ lardan (ya'ni 16 ta 0-daraja elementlaridan) tuzilgan va xokazo. Bu jarayon navbatdagi daraja uchun birorta ham birjinsli soha topishning iloji bo'lmasa to'xtaydi. Natijada turli darajali va turli kattalikdagi bir qancha bir jinsli maydonlarga bo'lingan tasvirga ega bo'lamiz. Ko'rinib turibdiki, bu algoritmi yorug'lik qiymati o'zgarishi kam bo'lgan tasvirlarda katta-katta, yorug'ligi judayam tebranib turuvchi tasvirlarda esa mayda-mayda sohalari hosil qiladi. Yuqorida biz pastdan yuqoriga yurib bo'laklashni ko'rdik. Ba'zi hollarda esa aksincha, yuqoridan pastga yurib bo'laklanadi (bo'linish uslubi), ba'zan esa biror q darajadan boshlab bu ikkala yo'nalish ham qo'llash o'rinli bo'ladi. Bu yo'llardan qaysi birini tanlash yechilayotgan masala, ishlatilgan algoritmi va boshqalarning xususiyatlariga bog'liq.

Ko'rib o'tganimiz - bo'laklash usullarini umumiy holda tahlil qiladigan bo'lsak, ularda hisoblash amallarining juda ko'pligini bilamiz. Bu esa, o'z navbatida algoritmi ishlash tezligini tushbiri yuborishi mumkin. Bu ayniqsa, "Real vaqt" rejimida algoritmi va dasturlarning ishonchsiz ishlashiga sabab bo'lishi mumkin. Shu sababli ham algoritmlarning ishlash tezligini hamda samaradorligini oshiruvchi usullardan foydalanish zarur.

Algoritmi ishlash tezligini oshiruvchi eng samarali usullardan biri bu - **rekursiya usuli**dir. Biz o'z tadqiqotlarimizda tasvirlarni bo'laklash masalasida rekursiyadan foydalanish usullarini ishlab chiqdik [54]. Quyida ushbu usulni ko'rib chiqamiz.

Rekursiya g'oyasi shundan iboratki, ko'rilayotgan jarayonda bajariladigan amal o'zining ichki jarayonida yana qayta o'ziga murojaat qiladi. Natijada dastlabki olingan natija uchun shu funksiya yana o'z vazifasini bajaradi. Buni matematik nuqta'i nazardan quyidagicha ifodalash mumkin:

$$\begin{cases} x \rightarrow x \\ x \rightarrow C \end{cases}$$

Bu yerda x funksiyasi o'ziga x yoki o'zgarmas qiymat S ga teng.

Bu amalni tasvirlarni soha o'stirish usuli uchun tadbiiq qilinsa, algoritm yoki dastur matni hajmining kattalashib (yoki murakkablashib) ketishi va vaqtni ko'p sarflanishini oldi olinadi. Ya'ni, ehtimolli xatoliklardan halos bo'linadi. Bu esa, albatta, natijaning ishonchli va tezkor bo'lishiga imkon beradi. Tasvirni bo'laklashning soha o'stirish usuli algoritmiga quyidagicha tadbiiq qilish mumkin.

$$f(x, y) = \{rang; g(m, n) = 1; f(m, n)\} \text{ bo'ladi,}$$

agarki $f(x, y) - f(m, n) < T$ va $g(m, n) > 1$ bo'lsa.

bu yerda $f(x, y)$ - tanlangan nuqta uchun bajariladigan funksiya;
rang- ko'rilyotgan nuqta uchun beriladigan rang turi;

$g(x, y)$ - tekshirilgan nuqta koordinatasi tekshirilganligini ta'minlovchi nishonlar massivi;

T - tanlangan va ko'rilyotgan nuqtalar o'rtasidagi tafovut (farq)ni tekshirish bo'sag'asi;

$f(m, n)$ - ko'rilyotgan nuqta koordinatasi.

Rekursiv funksiyadan foydalanib tasvirni bo'laklash natijasini quyida (4.20-rasm) ko'rishimiz mumkin.



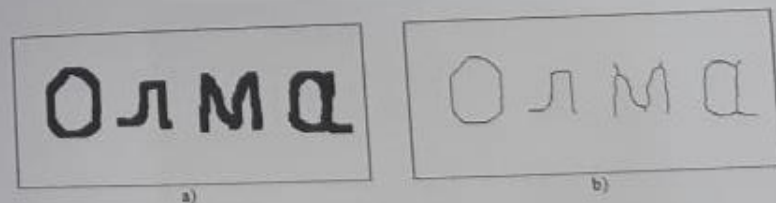
4.20-rasm. Soha o'stirish usulida rekursiv funksiyadan foydalanish. a) - berilgan rangli tasvir; b) - taniash natijasida tildangan tasvir; c) - taniash natijasida bo'laklangan tasvir.

4.6. Tasvir skeletini aniqlash usullari

"Tasvir skeleti" - bu binar tasvirni ingichkalashtirish usullari yordamida olingan tasvir asosidir.

Tasvirlarni ingichkalashtirishning bir necha usullari ishlab chiqilgan. Xususan, "Topologik qisish", "Ingichkalashtirish", "Skelet olish", "Masofa almashtirish" kabilar shular jumlasidandir. Tasvirni, to'g'rirog'i tasvirdagi ob'ektni ingichkalashtirish masalasini hal etishda bir qator shartlarni qanoatlantiruvchi mezonlarni e'tiborga olish zarur. Bular, "Halaqitlarni yo'qotish", "Uzilishga yo'l qo'ymaslik", "Bog'liqlik shartlari" kabi mezonlardir. Ta'kidlash kerakki, bu jarayonlar ba'zan murakkab jarayonlarga aylanishi mumkin. Shuning uchun ishlarni tashkil etishda ketma-ketlikka hamda aniqlikka e'tiborni qaratish lozim. Ayniqsa, tasvir hajmi katta yoki ob'ekt shakli murakkab ko'rinishga ega bo'lganda algoritmlarning ishlash tezligi tushib ketish yoki umuman ishlamaslik holatlari uchrab turadi.

Binar tasvirda ob'ektning skeleti (asosi) uning muhim belgilarini ifodalovchi omil hisoblanadi. Ob'ektni atrofidan yemirib borish natijasida markaziy asos ajratib olinadi. Yemirish, ya'ni ingichkalashtirish jarayoni toki nuqta(piksel)lar kengligi 1 ga teng bo'lib qolgunga qadar davom etadi. Demak, 1 kenglikdagi ob'ekt yoki binar tasvir ingichkalashtirish natijasida, ya'ni asos sifatida qaraladi. Quyidagi rasmda (4.21-rasm) "Olma" so'zining binar tasviri va uning skeleti (asosi) ko'rsatilgan.



4.21-rasm. "Olma" so'zining binar tasviri va uning skeleti.

Ta'kidlash kerakki, tasvir yoki undagi ob'ektning asosi, ya'ni skeleti ayni shu ob'ektning muhim xususiyat(belgi)larini ifodalaydiki, bu belgilar keyinchalik tasvirlarni tanib olishda yoki ularni tahlil

qilishda ishlatiladi. Belgilarning qanchalik aniq topilganligi pirovard natijada qo'yilgan ilmiy-amaliy masalaning yechimiga bevosita ta'siri bilan ifodalanadi. Aslida, ingichkalashtirish usullarining asosiy maqsadi belgilarni yanada ishonchli aniqlashdir. Ingichkalashtirish usullari ham turlicha bo'lib, ularni masalaning mohiyatidan kelib chiqib, o'z o'rnida qo'llash lozim.

Ingichkalashtirish amallarida bir qator shartlarni e'tiborga olish zarur. Masalan, chiziqlarning uzilib qolmasligi, yemirilib ketmasligi, ob'ekt kengligi 1 ta dan ko'p bo'lmasligi, chiziqlarning ortib ketmasligi kabilar shular jumlasidandir.

Ingichkalashtirish, ya'ni skelet olish usullari bevosita ilmiy-amaliy masalalarni hal etishda muhim ahamiyat kasb etishini ta'kidlagan holda, biror amaliy masalaning yechimida bu usullarning ahamiyati to'g'risida to'xtalsak. Masalan, odam shaxsini biometrik usullar yordamida, xususan barmoq izi tasviri yordamida tanib olish masalasini ko'raylik. Bizga ma'lumki, barmoq izi turli shakldagi chiziqlardan iborat. Unda muhim identifikatsion belgilarni aniqlash uchun avvalo tasvirni biror usul yordamida binarlashtirish va keyingi bosqichda ingichkalashtirish kerak bo'ladi. Ingichkalashtirish amali bajaraligandan keyingina undagi belgilarni ishonchli topish imkoni paydo bo'ladi. 4.22-rasmda barmoq izining binar tasvirlari va ularning skeleti, ya'ni ingichkalashtirilgan ko'rinishi aks etgan.



4.22-rasm. Barmoq izini binarlashtirish va undan skelet olish natajalari.

Endi, bevosita ingichkalashtirish usullari bilan tanishamiz.
Topologik qisish. Adabiyotlarda eroziya deb ataladigan topologik qisish tasvirdagi bog'liq komponentlar sonini aniqlash vositasi, ingichkalashtirish va skelet olish usullarining asosi sifatida diqqatga molikdir. Topologik qisishning (bundan buyon oddiy qilib qisish deb ataladi) maqsadi tasvirdagi bir bog'lamli komponentlarni bitta elementga keltirishdir. Siqishning mavjud algoritmlari birinchi navbatda ularni vazifasi - bir yoki ko'p bog'lanishli komponentlarga ishlov berish imkoniyati; masalaning sifati - sohalarni (to'plamostilarni) bitta elementga keltirish kerakmi, yo markaziy qismini qoldirish kerakmi?; amalga oshirish vositalari-parallel ishlov berish kerakmi, yoki ketma-ketmi? degan nuqtai-nazarlar asosida farqlash lozim. Siqish amali mos elementlarni birin-ketin yo'qotishga asoslangan.

Bir bog'lanishli komponentlarni qisishda sifatiga qarab yo'nalgan, yoki izotrop qisish amalga oshirilishi mumkin. Yo'nalgan qisishda elementlarni tasvir bo'ylab yurish paytida agar ular komponentning bog'lanishini ta'minlab turgan bo'lmasa, yo'qotib boriladi. Bunday qisish algoritmlari ketma-ket ishlaydi va bitta (agar ob'ekt qabariq bo'lsa), yoki bir nechta iteratsiyani talab etadi (4.23-rasm).

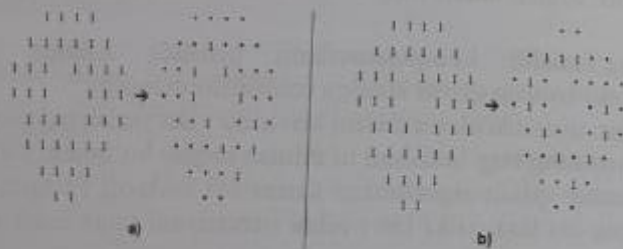


4.23-rasm. Qabariq ob'ekt uchun iteratsiya.

Izotrop qisishda esa natija bog'liq komponent markazi (yoki uning yaqin atrofi)ga intiladi. Ya'ni, har bir qadamda ob'ekt faqatgina chegaraviy nuqtalarigina yo'qotiladi, ob'ekt chegara bo'ylab yemiriladi. Nuqtalarni ko'rib o'tish boshlash joyiga karab turlicha

natija olinadi. Ketma-ket ko'rib o'tish uslubini paralleli bilan ajratish mumkin, lekin bu kutilmagan natijalarga olib kelishi mumkin, masalan, komponentning butunlay yoyilib ketishiga. Bunday hollarda parallel algoritim har iteratsiyada 4 ta qadamga bo'linadi va ularning har birida bitta yo'nalishdagi chegara elementlari tahlil qilinadi.

Ko'pbog'lik komponentlarni qisish paytida topologik xususiyatlarini saqlab qolish maqsadga muvofiqdir, shuning uchun Y_0 shart o'rniga Y_2 shart -elementini yo'qotish komponent (fon) bog'liqligiga ziyon bermasligi ishlatiladi. Bunday hollarda ixtiyoriy chiziqli ob'ektlarni olamiz. Bir teshikli komponentni qisish esa yagona element emas, yopiq eni bir nuqta bo'lgan chiziqli tuzilmaga olib keladi (4.24-rasmda a) - yo'nalgan algoritim natijasi, b) - izotrop algoritim natijasi).



4.24-rasm. Yo'nalgan (a) va izotrop (b) algoritim natijasi.

Bu o'rinda manba ob'ektining deyarli benuqson shaklini saqlagan izotrop qisish alohida diqqatga sazovordir. Natija ob'ektning o'q chizig'iga yaqin keladi. Xuddi mana shu yo'sinda qisish jarayonining yangi sifatli mohiyati - ingichkalashtirish g'oyasi paydo bo'ladi.

Shunday qilib, binar tasvirlarni qisish jarayonida noldan farqli nuqtalarni nolga aylantirishning asosiy shartlari Y_1 va Y_2 larning bajarilishidir. Agar tahlil etishda ob'ektning 8-bog'lanishli, fonni 4-bog'lanishli desak, Y_1 va Y_2 larni X_0 va uning 8-atrofi

$$\begin{pmatrix} X_4 & X_7 & X_2 \\ X_3 & X_0 & X_1 \\ X_5 & X_6 & X_8 \end{pmatrix} \text{ uchun } X_1 = (0, 1) \quad \forall f \in [0, 8]$$

$Y_1: X_0$ - chegara nuqta, agar $3x_i \in N_8^*$; $x_i = 0, 1 \in [1, 8]$

$$Y_2: CN^{(8)}(x_0) = 1, \text{ by epda } CN^{(8)}(X_0) = \sum_{k=1,3,5,7}^8 (x_k - x_1 x_k - x_{k+2}),$$

$$\bar{X}_1 = 1 - X_1, k = k \bmod 8, \text{ by epda } X_1 \in (0, 1) \quad \forall f \in [1, 8].$$

Mavjud algoritmlarning ko'pchiligi Y_1 shart ko'rinishini o'zgartirish va yuqorida keltirilgan algoritmlardan foydalanish yo'li bilan olingan. Siqish sifati asosan qo'llangan algoritim va tahlil etilayotgan ob'ekt tuzilishiga bog'liq. Algoritmlarning tezroq ishlaydigani ketma-ket qisishdir.

Ingichkalashtirish. Agar ob'ekt cho'zinchoq bo'lsa (ya'ni bo'yi eniga nisbatan bir necha marta katta), uni sifatli qisish uchun anchagina ko'p iteratsiya lozim bo'ladi (4.25-rasm). Shuning uchun uni bir nuqta kenglikdagi chiziq ko'rinishiga keltirish, ya'ni qisish jarayonini shunday chiziq hosil bo'lishi bilan to'xtatish maqsadga muvofiqroq bo'ladi. Bu chiziq ob'ektning o'q chizig'i yoki o'rta chizig'ini beradi. Bu holda qisish algoritmi yangi mazmun kasb etadi: har bir iteratsiyadan so'ng olingan nuqtalar to'plami chiziqli ko'rinishiga kelgan-kelmaganligi tekshiriladi. Xuddi ana shu amal sifatli ingichkalashtirish tushunchasini aniqlaydi.

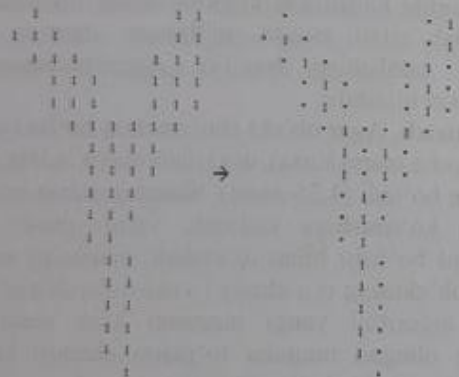


4.25-rasm. Ingichkalashtirishning umumiy sxemasi.

Odatda chiziqli ob'ektlarni qisish ularning to'g'allanish nuqtalarini ketma-ket yo'qotish demakdir, shu sababli ingichkalashtirish jarayoniga ayni Y_2 shart tugallanish nuqtalarini saqlash sharti kiritilishi

tabiiy xoldir. Shunday qilib ingichkalashtirish amali Y_3 shartni xisobga oluvchi qisish jarayoni umumlashmasi ekanligiga amin bo'ldik. Ko'p sonli ingichkalashtirish algoritmlarni topologik qisish jarayoniga o'xshab sinflarga bo'lish mumkin.

Bir bog'liq komponentlarni ingichkalashtirish chiziqli approksimatsiyaga olib keladi, umumiy ko'rinishda bu daraxt ko'rinishidagi bog'langan tuzilmadir (4.26-rasm).



4.26-rasm. Chiziqli approksimatsiyalangan holat.

Ko'p bog'liq komponentlar manbaga topologik teng kuchli mos chiziqli tuzilmalarga akslanadilar.

Siqish algoritmidagi kabi yo'nalgan va izotrop ingichkalashtirish amallari bo'ladi. Birinchi xolda odatda tasvirni bir marta aylanib chiqishdayoq maqsadga erishish mumkin. Lekin bu jarayon faqat cho'zinchoq ma'lum yo'nalishga ega ob'ektlar uchungina qoniqarli natija berishi mumkin, shunda ham natija bir tomonga siljigan bo'ladi. Ikkinchi xol maqsadga erishish uchun tasvir elementlarini bir necha katta aylanib chiqishni (interativ usulda) talab etadi, ularning soni komponentlarning parametrlariga bog'liq bo'ladi.

Skelet olish. Odatda algoritmlar 4 yoki 8 bog'li tugallanish nuqtalari bilan ishlaydilar. Lekin, agar ob'ekt chegarasi qaychisimon bo'lsa, uning ko'pgina nuqtalarini tugallanish nuqtalari bilan adashtirish mumkin, bu hol ingichkalashtirish sifatini pasaytirishi

mumkin (masalan juft enli chiziqlar butunlay yo'qolishi mumkin). Xuddi siqishdagiday, bu yerda ham ma'lum yo'nalishli elementlarni yo'qotuvchi qo'shimcha amallar kiritamiz.

Bunday ob'ektlarning tuzilishi nisbatlari va xususiyatlarini hisobga olish uchun ingichkalashtirish jarayoniga Y_4 shart-burchaklarni saqlash-kiritildi va tasvirdan skelet olish (o'q yoki qovurg'a qurish) jarayoniga umumlashtirildi. Tabiatiga ko'ra Y_4 shart ham Y_3 ga o'xshab diskret sohada yagonalik shartini qanoatlantirgani sababli skelet olish va yoki ingichkalashtirishning behisob yangi soddalashtirilgan algoritmlari tug'ilishiga asos bo'ladi.

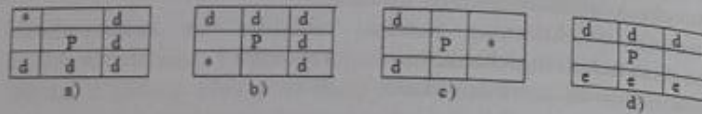
Skelet olish usuli bo'yicha algoritmni ko'rib chiqsak. Bu algoritm anchagina tezkor, sodda va ko'p hollarda qoniqarli natija beradi. Ob'ekt (qiymati 1 ga teng) va fon (qiymati 0 ga teng) nuqtalarini mos ravishda qora va yorug' nuqtalar deylik. Ob'ekt konturi nuqtasi deb o'zining 4-atrofida xech bo'lmaganda 1 ta yorug' qo'shnisi bo'lgan nuqtaga aytiladi. 8-atrofida faqatgina 1 ta qora nuqtali element tugallanish nuqtasi deyiladi. Tashlab yuborish ob'ektda uzilish hosil bo'lishiga olib keladigan nuqta uzilish nuqtasi deyiladi. Nuqta va uning atrofini 4.27-rasmdagiday belgilaymiz. R nuqta quyidagi hollarda kontur nuqtasi bo'lishi mumkin: 1) chap qo'shnisi yorug' nuqta; 2) o'ng qo'shnisi yorug' nuqta; 3) yuqori qo'shnisi yorug' nuqta; 4) pastki qo'shnisi yorug' nuqta.

n_3	n_2	n_1
n_4	P	n_0
n_5	n_6	n_7

4.27-rasm. Nuqta va uning atrofi.

P kontur nuqta nishonlanadi, agar u tugallanish yoki uzilish nuqtasi bo'lmasa. Bu shartlar uning atrofini tekshirib aniqlanadi (4.28-rasm), bu yerda P va $*$ qora nuqtalar, d, e lar yo qora yo yorug' nuqtalar. Agar d va uning atrofi 4.28a, b, c) - rasmlardagi nuqtalarga mos kelsa ikki hol bo'lishi mumkin: 1) barcha d lar yorug' nuqta, demak P

tugallanish nuqtasi. 2) birorta d qora bo'lsa P uzilish nuqtasi. Ikki holda ham P nishonlanmaydi.



4.28-rasm. Tekshirish shartlari.

R nuqta va atrofini 4.28-rasmdagi 4 niqobga mosligi bul mantiqiy algebrasining quyidagi formulasi yordamida tekshiriladi: $V_4 = n_0 (n_1 \vee n_2 \vee n_6 \vee n_7) \times (n_2 \vee \bar{n}_3) (\bar{n}_5 \vee n_6)$, bu yerda V ning indeksi 4 chap qo'shni n_4 yorug' nuqtaligini, nuqta belgisi (.) -mantiqiy «va» amalini, \vee -mantiqiy «yoki» amalini, tepa chiziq ($\bar{}$) mantiqiy raddiyani bildiradi. Buning uchun oldin nishonlanmagan qora nuqtalar va nuqtalarga 1 (true), va nishon olgan nuqtlarga 0 (false) qiymat beriladi, shunda $V_4 = 1$ (true) bo'lsa nishonlanadi, aks holda o'zgarishsiz qoladi. V_4 ga qo'yilgan shartlar 4.28-rasmda keltirilgan 4 niqobning har biri uchun bar vaqtda bajarilishini osongina ko'rsatish mumkin. Shunga o'xshash ifodani o'ng qo'shnisi nolga teng bo'lgan hol uchun ham yozish mumkin:

$$V_0 = n_4 (n_2 \vee n_3 \vee n_5 \vee n_6) \cdot (n_5 \vee \bar{n}_7) \cdot (\bar{n}_1 \vee n_2); \quad \text{yuqori nol uchun:}$$

$$V_2 = n_6 (n_0 \vee n_1 \vee n_5 \vee n_7) \times (n_0 \vee \bar{n}_1) (\bar{n}_3 \vee n_4); \quad \text{va pastki nol uchun:}$$

$$V_6 = n_2 (n_0 \vee n_1 \vee n_3 \vee n_4) \times (n_4 \vee \bar{n}_5) (n_6 \vee \bar{n}_7) \text{ bo'ladi.}$$

Algoritm bu formulalar yordamida iterativ ishlab tasvirni ikki qaytadan ko'rib chiqadi. Ko'rib chiqishni satr bo'ylab ham, ustun bo'ylab ham bajarish muki, lekin odatda qay usuldan harakatlanish natijaga ta'sir ko'rsatadi. Birinchi holda nishonlash V_4 va V_0 asosida bajariladi. Ikkinchi qayta aylanib chiqishda tasvirda o'zgarish bo'lmasa, algoritm o'z ishini to'xtatadi va manba skelet nishonlangan nuqtlardan iborat bo'ladi, aks holda jarayon yangidan boshlanadi. Shuni qayd etish kerakki bul ifodalarni hisoblash oldindan qora nuqtalarga nol qiymat yuboriladi. Bu alternativ jarayonning mohiyati nishonlangan

nuqtalarga nol yuborish va uning natijasiga fon nuqtalariga ishlov berish skelet olish jarayoni oxirida amalga oshiriladi. 4.29-rasmda tasvir va uning shu algoritm bilan olingan skelet ko'rsatilgan.



4.29-rasm. Tasvir va uning skeleti.

Ta'kidlash kerakki, binar tasvirni ingichkalashtirish (skeletini olish) usullaridan tasvirning asosini (yoki belgilarini) aniqlashda foydalaniladi. Masalan, amaliy dasturimiz asosida biror fotosuratning konturini aniqlab, so'ng uning skeleti (asosi)ni ajratishga harakat qilamiz. Avvalo, dastur asosida fotosurat konturlarini ajratamiz. Shundan so'ng olingan kontur natijaning skeletini aniqlash uchun ingichkalashtirish usulidan foydalanamiz va natijaga erishamiz. Bu yerda 4.30a-rasm - berilgan fotosurat; 4.30b-rasm - uning konturli natijasi; 4.30c-rasm - kontur skeleti.

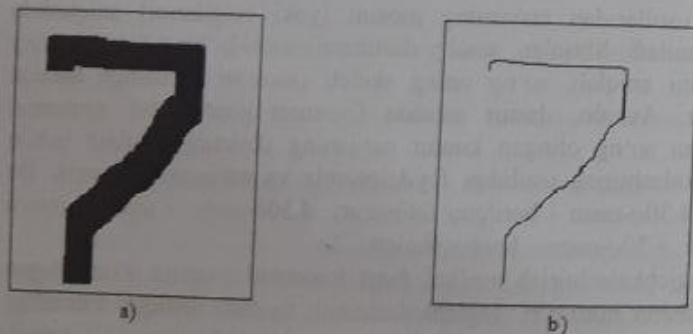
Ingichkalashtirish usullari faqat fotosuratlar uchun o'rinli degan fikr albatta noto'g'ri. Ingichkalashtirish usullari ayniqsa, tasvirdagi xarflar (yoki sonlarni) tanib olish (aniqlash) da ham qo'l keladi. Masalan avtomobil nomerlarini aniqlash masalasida ingichkalashtirish usullariga albatta murojaat qilinadi. Keling, bitta raqam uchun natijani ko'ramiz. 4.31a-rasmda "7" soni aks etgan binar tasvir berilgan. Dastur asosida uning ingichkalashtirish (skelet) ko'rinishini aniqlaymiz (4.31b-rasm). Natijadan ko'rish mumkinki, haqiqatan ham "7" raqamining

asosi ajratib olingan.

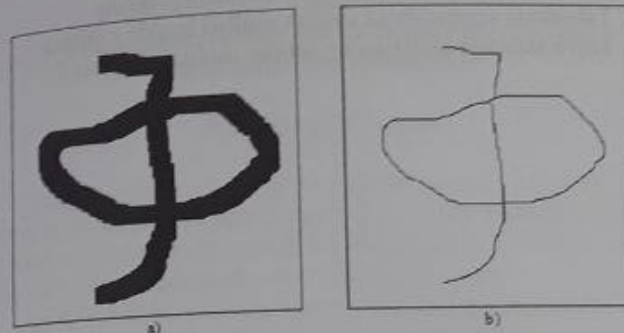
Shuningdek, ingichkalashtirish usullaridan xarflarni tanib olishda ham foydalaniladi. Masalan, mashhur FineReader dasturi skanerdan olingan tasvir ko'rinishidagi yozuvlarni (xarflarni) tanib olish (aniqlash)ga mo'ljallangan bo'lib, unda ingichkalashtirish usulidan albatta foydalanilgan. Dasturimiz asosida "F" xarfining binar tasviri va uning skeletini aniqlashga harakat qilamiz. Natija yomon chiqmadi. 4.32-rasmda natijani yaqqol ko'rishimiz mumkin.



4.30-rasm. Berilgan tasvir (a), uning konturi natijasi (b) hamda uning ingichkalashtirilgan (skelet) natijasi (c).



4.31-rasm. "7" soni aks etgan binar tasvir (a) va uning skelet asosi (b).



4.32-rasm. "F" xarfi aks etgan binar tasvir (a) va uning skelet asosi (b).

4 bob bo'yicha nazorat savollari

1. Rangli tasvir deganda nima tushinasiz ?
2. Kompyuter xotirasida ranglar qanday saqlanadi ?
3. Rangli va kulrang tasvirlar kompyuterdagi ifodalanishini tushuntiring.
4. Tasvirlar va tasvirlar oqimini tushuntirib bering.
5. Video oqim hosil qilish usullarini tavsiflang.
6. Rangli tasvirlar haqidagi fikrlaringizni ayting.
7. Tasvir sifatini yaxshilashning mediama usuli mohiyati nimada ?
8. Tasvir sifatini yaxshilashda chiziqli tiniqlashtirish usuli ahamiyati va imkoniyati.
9. Tasvir distogrammalari tahlilini tushuntirib bering ?
10. Tasvirni binarlashtirish deganda nimani tushunasiz ?
11. Kulrang tasvirlarni binarlashtirish shartini tushuntiring.
12. Yapon olimi Nobuyuki Otsu yaratgan usul nima uchun xizmat qiladi ?
13. Nima uchun tasvir kontur chiziqlarni aniqlashga ehtiyoj sezamiz ?
14. Vertikal va gorizantal yo'nalish bo'yicha gradiyent xisoblashlar nima uchun kerak bo'ladi ?
15. Gradient hisoblashning Robert va Sobel usullarini tushuntirib bering.

16. Kontur ajratishning niqob usulini tushuntirib bering.
 17. Tasvirlarni segmentlarga ajratish usullari haqida gapiring.
 18. Tasvir skeletini aniqlashning qanday usullarini bilasiz?



5 bob

OpenCV bibliotekasi funksiyalaridan foydalanib video-tasvirlarni qayta ishlash texnologiyalari

5.1. OpenCV haqida

OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) bu – kompyuterli ko'rish va tasvirlarga ishlov berish algoritmlari hamda sonli algoritmlarning ochiq kodli bibliotekasidir. C/C++ da yaratilgan. Ilmiy va tijoriy maqsadlarda erkin foydalanish mumkin.

OpenCV bibliotekasining asosiy modullari quyidagilardan iborat: **cxcore** - yadro, asosiy ma'lumotlar tuzilmalari va algoritmlarini o'z ichiga oladi, ya'ni:

- ko'p o'lchovli sonli massivlar ustida asosiy amallar;
- matritsali algebra, matematik funksiyalar, tasodifiy sonlar generatori;
- xotiraga yozish / XML ga/dan ma'lumotlar tuzilmasini tiklash;
- 2D grafikaning asosiy funksiyalari.

CV – tasvirlarga ishlov berish va kompyuterli ko'rish moduli. Quyidagi funksiyalari mavjud:

- tasvirlar ustida asosiy amallar (filtrlashlar, geometrik almashtirishlar, rang fazolarini almashtirish va h.k.);
- tasvirlarni tahlil qilish (farqli belgilarni tanlash, morfologiya, kontur ajratish, gistogrammalar);
- harakat tahlili, ob'ektni kuzatish;
- ob'ektlarni topish, xususan yuz tasvirini;
- kameralarni kalibrlash, fazoviy tuzilmalarni qayta tiklash elementlari.

Highgui - tasvirlar va videoni kiritish/chiqarish, foydalanuvchi interfeysini yaratish moduli. Quyidagi funksiyalarni o'z ichiga oladi.

- kameradan va video fayldan tasvirni olish, statik tasvirlarni o'qish/yoziq;
- oddiy UI ni tashkillash uchun funksiyalar.

OpenCV ning keyingi versiyalarida modullar funksional foydalanish bo'yicha kichikroq modullarga ajratildi. Xususan:

opencv_core – yadro: asosiy tuzilmalar, hisoblashlar (matematik funksiyalar, tasodifiy sonlar generatsiyasi, dikret Fure va Kosinus almashtirishlash, XML da kiritish/chiqarish v sh.k.);

opencv_imgproc – tasvirlarga ishlov berish (filtrlar, almashtirishlar va h.k.);
opencv_highgui – oddiy UI, tasvirlar va videoni yuklash/saqlash;
opencv_ml – mashinali o'qitish usullari va modellari (SVM, qaror qabul qilish va h.k.);
opencv_features2d – turli identifikatorlar (SURF).
opencv_video – ob'ekt harakatini tahlil qilish va kuzatish (optik oqim, harakat andozasi, fonni yo'qotish);
opencv_objdetect – tasvirda ob'ektlarni topish (Xaar veyvleti, HOG va h.k.);
opencv_calib3d – kamera kalibrovkasi, stereo-moslikni izlash va uch o'lchovli ma'lumotlarni qayta ishlash elementlari;
opencv_flann – yaqin qo'shnilarni tezkor izlash kutubxonasi (FLANN);
opencv_gpu – OpenCV ning ba'zi funksiyalarini CUDA (NVidia) hisobiga tezlatish.

5.2. OpenCVda ko'p foydalaniladigan funksiyalar

Tasvirlarni qayta ishlash va namoyish qilish uchun OpenCV da maxsus tiplar mavjud bo'lib, asosan *IplImage* va *Mat* tiplaridan ko'p foydalaniladi. Quyida ko'rib chiqiladigan funksiyalar asosan ana shu tipli tasvirlarni qayta ishlashga mo'ljallangan. Funksiyalarni kichik-kichik dastur namunalari negizida ko'rib chiqamiz.

Masalan, 620 qator va 440 ta ustundan iborat 8 bitli, 3 kanalli *IplImage* hamda *Mat* tipli tasvirlarni yaratish uchun quyidagi funksiyalardan foydalanamiz:

```
int height =620; // tasvir bo'yi
```

```
int width =440; // tasvir eni
```

```
IplImage* tasvir = cvCreateImage(cvSize(height, width),8,3); //
IplImage tipli tasvir nomli tasvirni yaratish
```

```
Mat matritsa(Size(height, width), CV_8UC3); // Mat
tiplimatritsa nomli tasvirni yaratish
```

Tasvirni qora rang bilan bo'yash quyidagicha:
 cvSet(tasvir,cvScalar(0,0,0));

Quyida esa, diskdan tasvir faylini xotiraga yuklash va ekranda namoyish qilish uchun kichik dasturni ko'ramiz:

```

IplImage* img = cvLoadImage("c:\\tasvir.jpg"); //
Diskdan tasvirni img ga o'qish
cvNamedWindow( "Example1", CV_WINDOW_AUTOSIZE ); //
Example1 namoyish oynasini yaratish
cvShowImage( "Example1", img ); // namoyish oynasiga
img tasvirni yuklash va ko'rsatish
cvWaitKey(0); // kutib turish
cvReleaseImage( &img ); // img tasvirni xotiradan
o'chirish // Example1 namoyish
cvDestroyWindow( "Example1" );
oynasini xotiradan o'chirish
  
```

Tasvirni bir necha ma'lumotlarini bilan namoyish qilish dasturi quyida berilgan:

```

#include <cv.h>
#include <highgui.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

IplImage* image =0;
IplImage* src =0;

int main(int argc,char* argv[])
{
// tasvir nomi birinchi parametr bilan berilmoqda
char* filename = argv ==2? argv[1]:"Image0.jpg";
// tasvirni yaratish
image = cvLoadImage(filename,1);
// tasvirni klonlaymiz (nuxsalaymiz)
src = cvCloneImage(image);

printf("[i] image: %s\n", filename);
assert(src !=0);
  
```

```

// tasvimi namoyish qilish uchun oyna
cvNamedWindow("original", CV_WINDOW_AUTOSIZE);

// tasvimi ko'rsatamiz
cvShowImage("original", image);

// tasvir to'g'risidagi axborotlarni (konsol oynasida) chiqaramiz
printf("[i] channels: %d\n", image->nChannels );
printf("[i] pixel depth: %d bits\n", image->depth );
printf("[i] width: %d pixels\n", image->width );
printf("[i] height: %d pixels\n", image->height );
printf("[i] image size: %d bytes\n", image->imageSize );
printf("[i] width step: %d bytes\n", image->widthStep );
// tugma bosilishini kutamiz
cvWaitKey(0);
// resurslarni bo'shatamiz
cvReleaseImage(& image);
cvReleaseImage(& src);
// oynani mchiramiz
cvDestroyWindow("original");
return 0;
}

```

Natija quyidagicha (5.1-rasm.) bo'ladi:

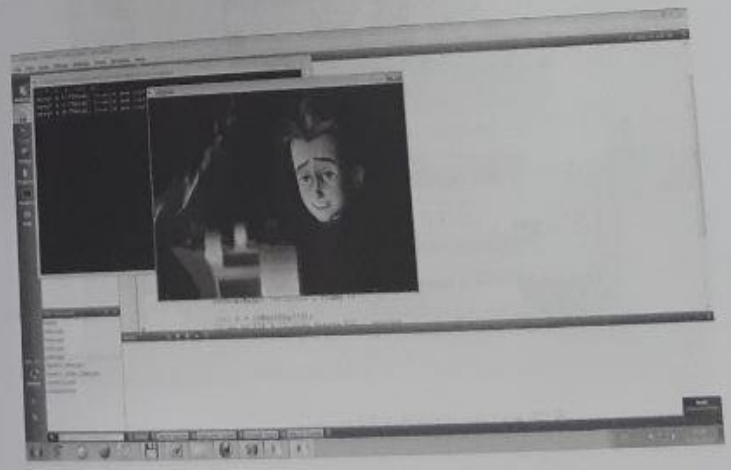


5.1-rasm. Tasvimi ma'lumotlari bilan namoyish qilish.

```

Keyingi dastur video-faylni namoyish qilish (ovozsiz, har bir
kadri ketma-ket ko'rsatish) uchun xizmat qiladi:
cvNamedWindow( "Example2", CV_WINDOW_AUTOSIZE ); //
"Example2" namoyish oynasini yaratish
CvCapture* capture = cvCreateFileCapture("d:\\video.avi"); //
IplImage* frame; // tasvir uchun xotiradan joy ajratish
while(1) { // tugallanmas takrorlash jarayonini boshlash (sikl
boshi)
frame = cvQueryFrame( capture ); // videodan bitta kadri
(tasviri) olish
if !frame) break; // agar tasviri ololmasa, sikldan chiqib ketish
cvShowImage( "Example2", frame ); // bitta kadri (tasvirani)
namoyish qilish
char c = cvWaitKey(33); // 33 sekund kutib turish (kadrlar
orasidagi vaqt)
if( c == 27 ) break; // agar Esc bosilsa, chiqib ketish
} // sikl oxiri
cvReleaseCapture( &capture ); // videoni xotiradan tozalash
cvDestroyWindow( "Example2" ); // Example2 namoyish oynasini
xotiradan o'chirish

```



5.2-rasm. OpenCVda videofaylni namoyish qilish.

Quyidagi funksiya esa, tasvirni Gaussli tekislash (filtrlash) uchun xizmat qiladi:
`cvSmooth(image, out, CV_GAUSSIAN, 3, 3); // image kiruvchi tasvir 3x3 oyna o'lchamida filtrlanadi // va natija tasvir out ga beriladi.`

Quyidagi dastur yordamida dastlabki tasvirni (5.3-rasm) hamda uni 7x7 oyna o'lchamida filtrlab (5.4-rasm) namoyish qilinadi:

```

IplImage* img = cvLoadImage("c:\\car\\2.jpeg");
cvShowImage("Kiruvchi tasvir", img);
IplImage* out = cvCreateImage(cvGetSize(img), IPL_DEPTH_8U, 3);
cvSmooth( img, out, CV_GAUSSIAN, 7, 7 );
cvShowImage("Gauss filtrli tasvir", out);
cvWaitKey();

```



5.3-rasm. Dastlabki tasvir.



5.4-rasm. 7x7 Gauss filtri qo'llangandan so'ng.

Shu o'rinda OpenCV ning oddiy ma'lumotlar tiplari to'g'risida qisqacha to'xtalamiz.

Struktura	O'z ichiga oladi	Ifodalaydi
CvPoint	int x, y	Tasvirdagi nuqta
CvPoint2D32f	float x, y	R^2 dagi nuqta
CvPoint3D32f	float x, y, z	R^3 dagi nuqta
CvSize	int width, height	Tasvir hajmi
CvRect	int x, y, width, height	Tasvir bo'lagi (qismi)
CvScalar	double val[4]	RGBA qiymatlar

Masalan, *myImg* tasvirida chap yuqori burchagi (5, 10), ya'ni $x=5$, $y=10$ va o'ng quyi burchagi (20, 30) koordinatali to'rtburchakni oq rangda chizish uchun quyidagicha dastur kodini yozish kerak bo'ladi:

```

cvRectangle( myImg, cvPoint(5,10), cvPoint(20,30),
cvScalar(255,255,255) );

```

OpenCV da quyidagicha tasvir turlari mavjud:

Tasvir tipi (Macro)	Tasvir piksel tipi
IPL_DEPTH_8U	Unsigned 8-bit integer (8u)
IPL_DEPTH_8S	Signed 8-bit integer (8s)
IPL_DEPTH_16S	Signed 16-bit integer (16s)
PL_DEPTH_32S	Signed 32-bit integer (32s)
IPL_DEPTH_32F	32-bit floating-point single-precision (32f)
IPL_DEPTH_64F	64-bit floating-point double-precision (64f)

Quyidagi jadvalda matritsa va tasvirning asosiy operatorlari keltirilgan.

Funksiya	Ta'rif
cvAbs	Massiv (matritsa) dagi barcha elementlarning absolyut qiymati
cvAbsDiff	Ikkita massiv o'rtasidagi farqlarning absolyut qiymati
cvAbsDiffS	Massiv va skalyar o'rtasidagi farqlarning absolyut qiymati
cvAdd	Ikkita massivni elementlari bo'yicha qo'shish
cvAddS	Massiv va skalyarni elementlari bo'yicha qo'shish
cvAddWeighted	Ikkita massivni elementlari bo'yicha vazn (ves)li qo'shish (alfa qorishtirish)
cvAvg	Massivdagi barcha elementlarning o'rtacha qiymati
cvAvgSdv	Massivdagi barcha elementlarning absolyut qiymati va standart chetlashishi
cvCalcCovarMatrix	n-o'lovli vektor to'plamining kovariansini hisoblash
cvCmp	Ikkita massivning barcha elementlariga tanlangan taqqoslash operatorini qo'llash.
cvCmpS	Skalyarga nisbatan massivga tanlangan taqqoslash operatorini qo'llash.
cvConvertScale	Qiymatning tanlovli qayta o'lchovi orqali massiv tipini o'zgartirish.
cvConvertScaleAbs	Tanlovli qayta o'lchov orqali absolyut qiymatdan keyin massiv tipini o'zgartirish.
cvCopy	Bir massivdagi elementlarni boshqasiga nusxalash.
cvCountNonZero	Massivdagi nolga teng bo'lmagan elementlarni hisoblash.
cvCrossProduct	Uch o'lovli ikkita vektorni ko'paytirish.
cvCvtColor	Massiv rang kanallarini bir rang fazosidan boshqasiga o'zgartirish (almashtirish).
cvDet	Kvadrat matritsaning determinantini hisoblash

cvDiv	Elementlar bo'yicha bir massivni boshqasiga bo'lish.
cvDotProduct	Ikkita vektorni skalyar (ichki) ko'paytirish.
cvEigen_VV	Kvadrat matritsaning xos son va xos vektorlarini hisoblash
cvFlip	Tanlangan o'q bo'yicha massivni to'ntarish (oynali namoyish qilish).
cvGEMM	Umumlashgan matritsa ko'paytirish.
cvGetCol	Massivning ustun kesimidan elementlarni nusxalash
cvGetCols	Massivning turli qo'shni ustunlaridan elementlarni nusxalash.
cvGetDiag	Diagonal bo'yicha massiv elementlarini nusxalash.
cvGetDims	Massiv o'lchamini qaytaradi.
cvGetDimSize	Massivning barcha o'lchamlari hajmini qaytaradi.
cvGetRow	Massivning qator kesimidan elementlarni nusxalash
cvGetRows	Massivning turli qo'shni qatorlaridan elementlarni nusxalash.
cvGetSize	Ikki o'lchovli massiv hajmini olish va uni CvSize shaklida qaytarish.
cvGetSubRect	Massiv bir bo'lak elementlarini nusxalash.
cvInRange	Massiv elementini boshqa ikkita massiv qiymatlari ichida mavjudligini tekshirish.
cvInRangeS	Massiv elementini boshqa ikkita skalyar o'rtasida mavjudligini tekshirish.
cvInvert	Kvadrat matritsani invertlash (barcha element qiymatlari 255 dan ayiriladi).
cvMahalanobis	Ikkita vektor orasidagi Mahalanobis masofasini hisoblash.
cvMax	Ikkita massivning elementlari bo'yicha maksimumlar operatsiyasi.
cvMaxS	Massiv va skalyar o'rtasida elementlari bo'yicha maksimumlar operatsiyasi.
cvMerge	Bir nechta bir kanalli tasvirlarni bitta ko'p kanalli tasvirga birlashtirish.
cvMin	Ikkita matritsada elementlar bo'yicha minimumlar operatsiyasi
cvMinS	Massiv va skalyar o'rtasida elementlar bo'yicha minimumlar operatsiyasi
cvMinMaxLoc	Massivda minimum va maksimum qiymatlarni topish.
cvMul	Ikkita massivni elementlar bo'yicha ko'paytirish.
cvNot	Massivni har bir elementini bitli invertlash.
cvNorm	Ikkita massiv o'rtasidagi normalangan korrelyatsiyani hisoblash.
cvNormalize	Massivdagi elementlarni biror songacha nomallash.
cvOr	Ikkita massivning elementlari bo'yicha "YoKI" (OR) bit-darajasi.
cvOrS	Massiv va skalyarning elementlari bo'yicha "YoKI" (OR) bit-

	darajasi.
cvReduce	Berilgan amal bo'yicha ikki o'lovli massivni vektorga aylantirmoq.
cvRepeat	Bir massiv majmuini boshqasiga qurish.
cvSet	Massivning barcha elementlariga berilgan son qiymatini o'rnatish.
cvSetZero	Massivning barcha elementlariga 0 qiymati o'rnatiladi (beriladi).
cvSetIdentity	Massivning barcha elementlariga diagonal bo'yicha 1, qolganiga esa 0 qiymati beriladi.
cvSolve	Chiziqli tenglamalar sistemasini yechish.
cvSplit	Ko'p kanalli massivni turli bir kanalli massivlarga bo'lish.
cvSub	Bir massivdan ikkinchisini elementlar bo'yicha ayirish.
cvSubS	Skalyarni massivdan elementlar bo'yicha ayirish.
cvSubRS	Massivni skalyardan elementlar bo'yicha ayirish.
cvSum	Massivni barcha elementlari summasi (yig'indisi).
cvSVD	Ikki o'lovli massivning yagona bo'linish qiymatini hisoblash.
cvSVBkSb	Teskari almashtirishning yagona qiymatini hisoblash.
cvTrace	Massiv belgilarini hisoblash.
cvTranspose	Massivning barcha elementlarini diagonal bo'yicha o'zgartirish.
cvXor	Ikki massiv elementlari bo'yicha XOR (istisno YoKI) bit - darajasi.
cvXorS	Massiv va skalyar o'rtasidagi massiv elementlari bo'yicha XOR bit - darajasi.
cvZero	Massivning barcha elementlariga 0 qiymati beriladi.

5.3. OpenCV da chizish

Ba'zan tasvir ustida biror figurani chizish kerak bo'lib qoladi. OpenCV da to'g'ri chiziq, to'rtburchak, aylana va shu kabi geometrik figuralarni chizish funksiyalari mavjud. Ular bilan quyida tanishamiz.

To'g'ri chiziq:

```
void cvLine( CvArr* array, CvPoint pt1, CvPoint pt2, CvScalar
            color,
            int thickness = 1, int connectivity = 8 );
```

Bu yerda CvArr – tasvir, pt1 – chiziqning boshlanish koordinatasi, pt2 – chiziqning yakunlanish koordinatasi, color – chiziq rangi,

thickness – chiziq qalinligi, connectivity – chiziq turi.

To'g'ri to'rtburchak:

```
void cvRectangle( CvArr* array, CvPoint pt1, CvPoint pt2,
                CvScalar color, int thickness = 1 );
```

Aylana:

```
void cvCircle( CvArr* array, CvPoint center, int radius, CvScalar
              color, int thickness = 1, int connectivity = 8 );
```

Bu yerda center – aylana markazi, radius – aylana radiusi.

Ellips:

```
void cvEllipse( CvArr* img, CvPoint center, CvSize axes, double
               angle,
               double start_angle, double end_angle, CvScalar color,
               int thickness = 1, int line_type = 8 );
```

Bu yerda axes – o'q hajmi, start_angle – boshlang'ich burchak, end_angle – oxirgi burchak.

Poligonlar:

Poligonlarni quyidagi uch xil funksiya yordamida chizish mumkin.

```
void cvFillPoly( CvArr* img, CvPoint** pts, int* npts, int contours,
                CvScalar color, int line_type = 8 );
```

```
void cvFillConvexPoly( CvArr* img, CvPoint* pts, int npts, CvScalar
                       color, int line_type = 8 );
```

```
void cvPolyLine( CvArr* img, CvPoint** pts, int* npts, int
                 contours, int is_closed,
                 CvScalar color, int thickness = 1, int line_type = 8 );
```

Matnlar:

```
void cvPutText( CvArr* img, const char* text, CvPoint origin, const  
CvFont* font, CvScalar color );
```

5.4. HighGUI moduli funksiyalari

Ushbu bo'limda HighGUI moduli funksiyalari bilan tanishamiz.

Namoyish oynasini yaratish:

```
int cvNamedWindow(const char* name, int flags=  
CV_WINDOW_AUTOSIZE);
```

Tasvirni yuklash:

```
IplImage* cvLoadImage(const char* filename, int iscolor =  
CV_LOAD_IMAGE_COLOR);
```

Tasvirni saqlash:

```
int cvSaveImage(const char* filename, const CvArr* image);
```

Tasvirni namoyish qilish:

```
void cvShowImage( const char* name, const CvArr* image );
```

Sichqoncha xodisalari (bosilishi):

```
void CvMouseCallback(int event, int x, int y, int flags, void* param);
```

Bu yerda event ga quyidagi xodisalar bog'langan:

Event (xodisa)	Raqam qiymati
CV_EVENT_MOUSEMOVE	0
CV_EVENT_LBUTTONDOWN	1
CV_EVENT_RBUTTONDOWN	2

CV_EVENT_MBUTTONDOWN	3
CV_EVENT_LBUTTONUP	4
CV_EVENT_RBUTTONUP	5
CV_EVENT_MBUTTONUP	6
CV_EVENT_LBUTTONDOWNCLK	7
CV_EVENT_RBUTTONDOWNCLK	8
CV_EVENT_MBUTTONDOWNCLK	9

5.5. OpenCVda tasvirlarni qayta ishlash

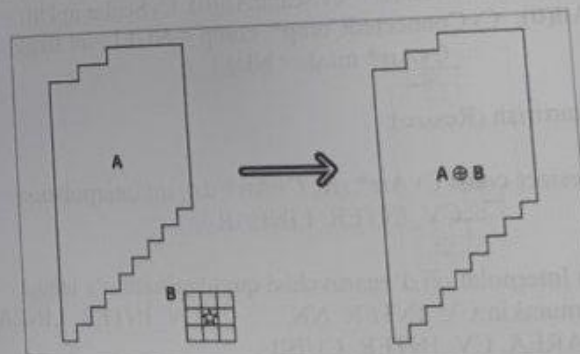
Tekislash:

```
void cvSmooth( const CvArr* src, CvArr* dst, int smoothtype =  
CV_GAUSSIAN, int param1 = 3, int param2 = 0, double param3 = 0,  
double param4 = 0 );
```

Bu yerda Smoothtype o'zgaruvchisi quyidagi tekislash turlarini o'z ichiga olishi mumkin: CV_BLUR, CV_BLUR_NO_SCALE, CV_MEDIAN, CV_GAUSSIAN, CV_BILATERAL.

Morfologik Kengaytirish (Dilation):

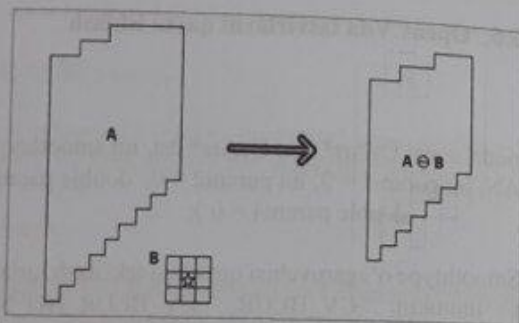
```
void cvErode( IplImage* src, IplImage* dst, IplConvKernel* B =  
NULL, int iterations = 1 );
```



5.5-rasm. Morfologik kengaytirish.

Morfologik Yemirish (Erosion):

```
void cvDilate( IplImage* src, IplImage* dst, IplConvKernel* B =  
NULL, int iterations = 1 );
```



5.6-rasm. Morfologik yemirish.

Oqimli to'ldirish (Flood Fill):

```
void cvFloodFill(IplImage* img, CvPoint seedPoint, CvScalar  
newVal, CvScalar loDiff = cvScalarAll(0), CvScalar upDiff =  
cvScalarAll(0), CvConnectedComp* comp = NULL, int flags = 4,  
CvArr* mask = NULL );
```

Hajmni o'zgartirish (Resize):

```
void cvResize( const CvArr* src, CvArr* dst, int interpolation =  
CV_INTER_LINEAR );
```

Bu yerda Interpolation o'zgaruvchisi quyidagilarni o'z ichiga olishi mumkin: CV_INTER_NN, CV_INTER_LINEAR, CV_INTER_AREA, CV_INTER_CUBIC.
Bo'sag'alash (Threshold):

```
double cvThreshold( CvArr* src, CvArr* dst, double threshold,  
double max_value, int threshold_type );
```

Bu funksiya global bo'sag'a qiymati orqali tasvirni bo'laklash (masalan binarlashtirish orqali) uchun xizmat qiladi. Undagi threshold_type o'zgaruvchisi quyidagi bo'sag'alash turlarini o'z ichiga oladi:

```
CV_THRESH_BINARY, CV_THRESH_BINARY_INV,  
CV_THRESH_TRUNC, CV_THRESH_TOZERO_INV,  
CV_THRESH_TOZERO.
```

Adaptiv bo'sag'alash (Adaptive Threshold):

```
void cvAdaptiveThreshold( CvArr* src, CvArr* dst, double max_val,  
int adaptive_method = CV_ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C, int  
threshold_type = CV_THRESH_BINARY, int block_size = 3, double  
param1 = 5 );
```

Bu funksiyada bo'sag'alash bloklarda, ya'ni kichik sohalarda amalga oshiriladi.

Quyidagi rasmda (5.7-rasm) berilgan tasvirni global va adaptiv bo'sag'alash yordamida binarlashtirish namunalari ko'rsatilgan.



5.7-rasm. Berilgan tasvir hamda uning global va adaptiv bo'sag'alash natijasi

5.6. OpenCV da tasvir o'zgartirishlar

O'rama (Svyortka):

"O'rama" usulida ma'lum bir xajmdagi (masalan, 3×3 o'lchamli yadro) oyna ichida qiymatlar tasvirga moslanadi va tasvirdagi mos koordinatalardagi qiymatlar oynadagi mos qiymatlar bilan ko'paytiriladi va ularning yig'indisi yig'iladi. Yig'indi natija tasvirning ishchi oyna markaziga qo'yiladi. Buni formula ko'rinishida quyidagicha ifodalash mumkin.

$$H(x, y) = \sum_{i=a}^{M-1} \sum_{j=b}^{N-1} I(x+i-a, y+j-a) G(i, j)$$

OpenCVda bunday filtrlashni quyidagi protsedura yordamida amalga oshiriladi:

```
void cvFilter2D( const CvArr* src, CvArr* dst, const CvMat* kernel,
CvPoint anchor = cvPoint(-1,-1) );
```

Bu yerda kernel (yadro) ga oldindan mavjud ishchi oynalarni (masalan, Sobel ishchi yadrosi) qo'yishimiz mumkin, yoxud o'zimiz yangi yadro qurib olishimiz ham mumkin.

Gradientlar va Sobel hosilasi:

Tasvir gradientlarini (chegaralarini) aniqlashda eng ko'p foydalaniladigan usullardan biri Sobel hisoblanadi. Sobel funksiyasi quyida berilgan:

```
cvSobel( const CvArr* src, CvArr* dst, int xorder, int yorder, int
aperture_size = 3 );
```

Quyidagi rasmda (5.8-rasm) berilgan tasvir va uning Sobel gradienti natijasi ko'rsatilgan.



5.8-rasm. Berilgan tasvir (a) va uning Sobel gradienti natijasi (b)

Laplas (Laplace) gradienti:

```
void cvLaplace(const CvArr* src, CvArr* dst, int apertureSize= 3);
```

Kanni (Canny) gradienti:

```
void cvCanny( const CvArr* img, CvArr* edges, double lowThresh,
double highThresh,
int apertureSize= 3);
```

5.7. OpenCV da Xaf (Hough) almashtirishlari

Xaf almashtirishi yordamida chiziqlarni topish:

```
CvSeq* cvHoughLines2(CvArr* image, void* line_storage, int
method, double rho, double theta, int threshold, double param1 =
0, double param2 = 0);
```

Xaf almashtirishi yordamida aylanalarni topish:

```
CvSeq* cvHoughCircles(CvArr* image, void* circle_storage, int
method, double dp, double min_dist, double param1 = 100, double
param2 = 300, int min_radius = 0, int max_radius = 0);
```


5.8. OpenCV da Affin almashtirishlar

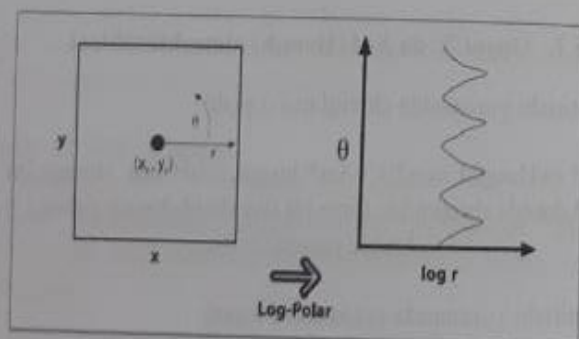
Tasvirni burish:

```
CvMat* cv2DRotationMatrix( CvPoint2D32f center, double angle,
                           double scale,
                           CvMat* map_matrix );
```

Polyar almashtirish:

```
void cvLogPolar(const CvArr* src, CvArr* dst, CvPoint2D32f center,
               double m,
               int flags = CV_INTER_LINEAR | CV_WARP_FILL_OUTLIERS );
```

Polyar almashtirish deb, markazdagi nuqtaga nisbatan qaralayotgan nuqta(piksel) ning joylashuv koordinatasi bo'yicha burchagi - θ va masofasini - r ko'rsatuvchi yangi fazoga ayladi (5.9-rasm).



5.9-rasm. Polyar almashtirish sxemasi.

Diskret-kosinus almashtirish:

```
void cvDCT( const CvArr* src, CvArr* dst, int flags );
```

Masofaviy almashtirish:

```
void cvDistTransform(const CvArr* src, CvArr* dst, int distance_type
                    = CV_DIST_L2,
                    int mask_size = 3, const float* kernel = NULL, CvArr* labels =
                    NULL);
```

Gistogrammali to'g'rilash:

```
void cvEqualizeHist( const CvArr* src, CvArr* dst );
```

Ta'kidlash kerakki, OpenCV da yana ko'plab funksiyalar mavjud, xususan tasvirlarni qayta ishlash, tasvirning identifikatsion belgilarini ajratib olish va tanib olish bilan bog'liq funksiyalar foydalanuvchilarga katta qulaylik tug'diradi. Ular to'g'risida kengroq ma'lumotlarni olish uchun OpenCV funksiyalari haqida yoritilgan adabiyotlardan foydalanish mumkin.

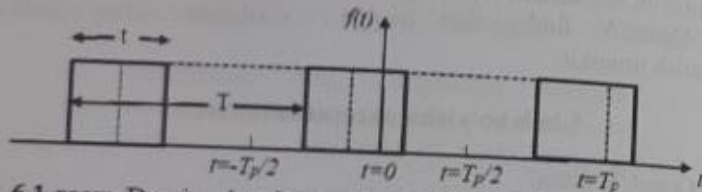
5-bob bo'yicha nazorat savollari.

1. OpenCV nima?
2. Open CVning qanday modullarini bilasiz va ularni xarakterlab bering.
3. Tasvirlarga ishlov berish va kompyuter ko'rish modulining asosiy funksiyalarini sanab bering.
4. Tasvir va videolarni kiritish/chiqarish, foydalanuvchi interfaoligini yaratish moduli funksiyalarini keltiring.
5. OpenCV_sore modulining qanday imkoniyatlarini bilasiz?
6. Tasvirlarga ishlov berish, filtrlash, almashtirish funksiyalarini o'z ichiga olgan OpenCV moduli haqida nimalar bilasiz?
7. Open CVning eng ko'p ishlatiladigan qanday funksiyalarini bilasiz?
8. HighCut modulining funksiyalari haqida tushunchalaringizni bildiring.
9. Tasvirlarni qayta ishlashning qanday amallarini bilasiz?
10. Tasvirlarni almashtirishning qanday usullarini bilasiz?

6 bob.
**RAQAMLI VIDEO TASVIRDA OB'EKTLARNI AJRATIB
 OLIH**

**6.1. Raqamli video-tasvirlarni spektral almashtirish usullari
 Fure almashtirishi.**

Agar signal davriy bo'lmasa, u holda Fure qatoriga yoyish moslashtiriladi. Misol tariqasida 6.1-rasmda keltirilgan to'g'ri burchakli impulslar ketma-ketligidan impulslar takrorlanish davri T_p ni cheksizlikkacha davom ettirish natijasida yagona to'g'ri burchakli impulsni hosil bo'lishini ko'rib chiqamiz.



6.1-rasm. Davriy takrorlanuvchi to'g'ri burchakli impuls

T_p ni kattalashtirib borilsa, garmonikalar orasidagi $1/T_p = \omega/2\pi$ bo'lgan masofa $d\omega/2\pi$ gacha kichiklashib boradi va nolga teng bo'ladi. Bu o'zgaruvchi diskret chastota $n\omega$ dan uzluksiz o'zgaruvchi (ω ga o'tishga, shu bilan bir vaqtda fazaviy va amplitudaviy spektr ham uzluksiz bo'lishiga olib keladi. Demak, $T_p \rightarrow \infty$ bo'lganda $d_n \rightarrow d\omega$ bo'ladi. Ushbu o'zgartirishlarni e'tiborga olsak ifoda quyidagi ko'rinishni oladi

$$d(\omega) = \frac{d\omega}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(t)e^{-j\omega t} dt \quad (6.1)$$

Qulay bo'lishi uchun (5.1) ifodani $d\omega/2\pi$ ga bo'lib quyidagi ifodani olamiz:

$$\frac{d(\omega)}{d(\omega)/2\pi} = F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} S(t)e^{-j\omega t} dt \quad (6.2)$$

Bu formuladagi $F(j\omega)$ Fure integrali V/Gs oddiygina Fure tasviri (ko'rinishi) deb ataladi. Agar $F(j\omega)$ ni haqiqiy va mavhum qismlari yig'indisi shaklida quyidagicha ifodalash mumkin. Agar

$$F(j\omega) = \text{Re}(j\omega) + j\text{Im}(j\omega) = |F(j\omega)|e^{j\varphi(\omega)} \quad (6.3)$$

bo'ladi va bu kattalik voltda emas V/Gs larda baxolanadi. $F(j\omega)$ ni amplituda zichligi, ba'zan esa amplituda spektri zichligi yoki amplituda spektri deb ataladi. Amplituda spektriga mos ravishda faza siljishi $\varphi(\omega)$ quyidagicha aniqlanadi

$$\varphi(\omega) = \arctan[\text{Im}(j\omega) / \text{Re}(j\omega)] \quad (6.4)$$

$|F(j\omega)|^2$ qiymati V^2/Gs^2 shaklida baholanadi. Normallashtirilgan elektr quvvati, ya'ni qarshiligi 1 Om bo'lgan qarshilikda ajralib chiqayotgan quvvat V^2 larda baholanadi, bu Dj/s yoki $DjGs$ (Djoule - bu energiya birligi)ni anglatadi, u holda V^2/Gs^2 kattalik $DjGs/Gs^2 = DjGs^{-1}$ ga teng bo'ladi. Demak $|F(j\omega)|^2$ bir taqsim Gs energiyani, ya'ni $|F(j\omega)|^2$ - spektr energiyasining zichligini anglatadi. $|F(j\omega)|^2$ ning f ga bog'liqligi grafigi ostidagi yuza asosi $f_0 - df$ va $f f_0 + df$ polosa f_0 chastotasi o'rtacha kuchlanishini ifodalaydi. $|F(j\omega)|^2$ ning f ga bog'liqligi grafigi ostidagi yuza f_0 chastotadagi energiya o'rtacha qiymatiga teng bo'ladi. Bundan tashqari spektr tahlilida ko'p hollarda spektr energiyasi zichligining chastotaga bog'liqlik grafigi (chizmasi) ham quriladi.

Agar impulsdan oniy qiymat olish uning markaziga (qoq o'rtasiga) mos kelsa, ya'ni $x = \frac{1}{2}$ - bo'lganda ushbu impulsning Fure shakli (ko'rinishi) quyidagicha beriladi

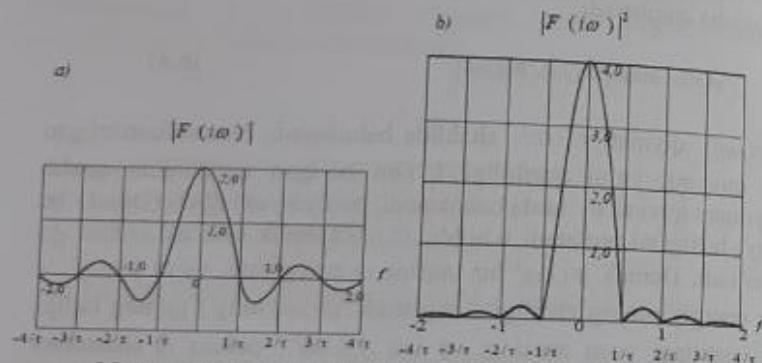
$$F(j\omega) = \frac{Ar \sin(\omega\tau/2)}{\omega\tau/2} = Ar \text{sinc}(\omega\tau/2) \quad (6.5)$$

va haqiqiy hisoblanadi. $F(j\omega)$ funksiya uzluksiz bo'lib, uning $A=1, B, T_p=10c$ va $\tau=2c$ qiymatlari uchun grafigi 6.2a-rasmda tasvirlangan. Bu amplituda spektri oniy qiymatlar funksiyasiga proporsional bo'lib, hamma vaqt ideal past chastota filtriga

to'g'riburchakli impuls ta'sirida hosil bo'ladi, shu bilan birga har kandy davomiyliigi t bilan cheklangan impuls ta'sirida ham yuzaga kelishi mumkin.

Amplitudasi $2V$ bo'lgan impuls energiya spektral zichligi grafigi 6.2b-rasmda tasvirlangan, 6.2a-rasmda esa amplituda spektri tasvirlangan.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, funksiyaning chastotaga bog'liqligidan vaqt funksiyasiga Fure teskari almashtirishi yordamida o'tish mumkin. Bu holda



6.2-rasm. Impuls amplitudasi: a) amplituda spektri; b) energiya spektri.

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(i\omega) e^{i\omega t} d\omega = \int_{-\infty}^{\infty} F(f) e^{i2\pi f t} df \quad (6.6)$$

Fure diskret almashtirishi (FDA) va teskari FDA

Amalda signal Fure tashkil etuvchilari, unga analog ishlov berish natijasida emas, raqamli hisoblashlar natijasi orqali aniqlanadi. Analog signal cheksiz ko'p bir-biriga yaqin nuqtalardan iborat bo'lganligi uchun, uning hamma qiymatlarini ifodalash mumkin emas. Shuning uchun raqamli tizimlardan foydalanish uchun analog signalni bir xil vaqt oraliqlarida diskretlash kerak bo'ladi va bu oniy qiymat(o'lchov)lar ikkilik raqamli signal shakliga ksitirish kerak bo'ladi. Bu oniy qiymatni o'lchash xotirada saqlash konturi yordamida amalga oshiriladi, so'ngra

analog-raqamli o'zgartirish amalga oshiriladi. Analog signalni yukori aniqlik bilan tiklash uchun bu bir sekund davomida olingan oniy qiymat (o'lchash)lar soni yetarli darajada. Nazariy nuqtai nazardan diskretlash kerakli tezligi Naykvist chastotasi deb ataladi va $2f_m$ ga teng, f_m - signalning amplitudasi sezilarli darajada katta eng yuqori chastota sinusoidal ko'rinishdagi tashkil etuvchi chastotasi.

Shunday qilib, o'zgartirilishi kerak bo'lgan hamma ma'lumotlar endi diskret va nodavriy ham bo'lishi mumkin. Shuning uchun Fure almashtirishidan foydalanish mumkin emas, chunki u uzluksiz ma'lumotlar uchun mo'ljallangan. Ammo, shunday analog almashtirish borki, uni diskret ma'lumotlarga ham qo'llash mumkin - bu Fure diskret almashtirishi (FDA).

Faraz qilaylik, analog signalni bir xil vaqt T oraliqlarida diskretlash natijasida N ta oniy qiymat(o'lchash)ga ega bo'lgan quyidagi diskret ketma-ketlik olingan bo'lsin $\{x(nT) = x(0), x(T), \dots, x((N-1)T)\}$, bunda n - olingan oniy qiymat tartib raqami bo'lib, $n = 0$ dan $n = N-1$ gacha qiymatlarni qabul qiladi. $x(nT)$ qiymati faqat kuchlanish spektriga tegishli vaqt qatoriga tegishli qiymatlarni ifodalaganda haqiqiy kattalik bo'ladi.

Shuning uchun signalning vaqt bo'yicha haqiqiy bo'lgan N ta qiymatlari FDAning chastota bo'yicha N ta kompleks qiymatlariga aylanadi

$$X(k) = F_D [x(nT)] = \sum_{n=0}^{N-1} x(nT) e^{-j2\pi k n T}, k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (6.7)$$

bunda F_D orqali Fure diskret almashtirishi belgilangan.

Teskari Fure diskret almashtirishi (TFDA) quyidagicha aniqlanadi

$$x(nT) = F_D^{-1} [X(k)] = \sum_{k=0}^{N-1} X(k) e^{j2\pi k n T}, k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (6.8)$$

Bunda F_D^{-1} - orqali teskari Fure diskret almashtirishi belgilangan.

Diskret kosinus almashtirish (DKA)

Diskret kosinus almashtirishlardan korrelyatsiya va svertka

(o'ram)ni hisoblashni tezlashtirishda va spektr tahlilida foydalaniladi. Bundan tashqari bu usullardan ma'lumotlarni siqish, misol uchun ovozni (tovush) yoki tasvirni uzatish, elektrokardiogramma va elektroenseogramma kabi meditsina signallarini yozish uchun foydalaniladi. Shuningdek DKAdan tasvir va nusxa (shablon)larni tanishda ham foydalaniladi. Buning natijasida signallarni uzatish uchun kodlashda talab etiladigan "bit"lar soni kamayadi, bu signal uzatish tezligini oshiradi. Bu esa, nisbatan tor polosali aloqa liniyalaridan foydalanish imkoniyatini keltirib chiqaradi, shuningdek nusxa (shablon)larni tanishni osonlashtiradi (bu axborot hajmi kamaytirilishi hisobiga ruy beradi). DKAning ushbu xususiyatlarini uni signallarni siqish nuktai nazaridan samaradorligini bildiradi, bu signal energiyasining past chastotalarda to'planishi natijasida ro'y beradi. Bundan tashqari hisoblashlarning soddaligi va o'rtacha kvadratik xatolikning kichik (minimal) bo'lishini ta'minlaydi.

Yuqoridagi fikrlar Fure diskret kosinus almashtirishdan (FDKA) foydalanishni taqozo etadi. Umuman olganda FDKA Fure diskret almashtirishining haqiqiy qismidan iborat, chunki Fure qatori haqiqiy va juft qismi faqat kosinusoidal tashkil etuvchilardan iborat bo'lib, misol uchun kuchlanishning diskret qiymatlaridan foydalanilganda ma'lumotlar haqiqiy bo'ladi, ularni ikki marta ko'p qilish uchun ularga manfiy tashkil etuvchilarini qo'shish kerak bo'ladi.

FDA quyidagi ko'rinishda bo'ladi

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-j2\pi kn/N}, k=0,1,\dots,N-1 \quad (6.9)$$

Ushbu almashtirishning haqiqiy qismi DKAni anglatadi

$$X_r(k) = \text{Re}[X(k)] = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cos\left(\frac{2k\pi n}{N}\right), k=0,1,\dots,N-1 \quad (6.10)$$

Bu DKAning bir xususiy ko'rinishi. DKAning umumiy ko'rinishi quyidagicha aniqlanadi

$$X_r(k) = \text{Re}[X(k)] = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cos\left(\frac{2k\pi n + k\pi}{2N}\right) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_n \cos\left(\frac{k\pi(2n+1)}{2N}\right), k=0,1,\dots,N-1 \quad (6.11)$$

Uolsh almashtirishi

Hozirgacha ko'rib chiqilgan almashtirishlar sinus va kosinus funksiyalariga asoslangan edi. Impulsga o'xshash +1 va -1 ga asoslangan almashtirish nisbatan oson va tez hisoblash imkoniyatini beradi. Bundan tashqari bunday almashtirishlar uzluksizligi buzilgan signallarni ifodalashda ancha qulay hisoblanadi, misol uchun, tasvir signallarini ifodalashda. Shu bilan birga ular uzluksiz signallarni ifodalashda ancha noqulay bo'lib, ular fazalari bo'yicha moslikni ta'minlamaydilar, bu signal spektrining buzilishiga va natijada signal shaklining buzilishiga olib keladi. Shuning uchun Uolsh almashtirishidan odatda tasvir signallariga ishlov berish (astronomiya va spektroskopiya)da signallarni kodlash va filtrlashga foydalaniladi.

Fure diskret almashtirishi garmonik sinusoidal va kosinusoidal tashkil etuvchilar orqali ifodalanganidek, Uolsh diskret almashtirishi (UDA) Uolsh funksiyalari deb ataluvchi to'g'ri to'rtburchakli o'rovchili garmonik signallar to'plami orqali ifodalashga asoslangan. Ammo to'g'riburchakli impulslar uchun ularning takrorlanish chastotasi noma'lum bo'lgani uchun analog signal uchun foydalaniladigan "ketma-ketlik" atamasidan foydalaniladi. "Ketma-ketlik" - bu vaqt birligida nolni kesib o'tishlar sonining yarmiga teng bo'ladi. 6.3-rasmda $N=8$ gacha bo'lgan tartibdagi Uolsh funksiyalari kattalashish tartibida ko'rsatilgan. Bu ko'rinishni Uolsh bo'yicha tartibga keltirilgan funksiya deb ataladi. Davomiylik vaqti t ga va tartibi p ga teng Uolsh funksiyasi quyidagicha belgilanadi $WAL(n,t)$. 6.3-rasmdan ko'rinadiki xuddi Fure qatorida toq va juft sinusoidal va kosinusoidai funksiyalar bir-biriga teng bo'lganidek, Uolsh funksiyasida ham bir xil sonli tok va juft funksiyalar bo'ladi. Uolsh $WAL(2k, t)$ juft funksiyalari $CAL(k,t)$ ko'rinishida ifodalanadi va $WAL(2k+1, t)$ toq funksiyalari $CAL(2k+1,t)$ ko'rinishida ifodalanadi, bu yerda $k=1,2,\dots,N/2-1$.

Har qanday $S(t)$ signalni Uolsh funksiyalari majmua (jamlama)lariga yoyish mumkin (xuddi Fure qatoriga yoygandek)

$$S(t) = a_0 WAL(0,t) + \sum_{k=1}^{N/2-1} [a_k CAL(k,t) + b_k CAL(k,t)] \quad (6.12)$$

bunda a_k va b_k - qator koeffitsientlari.

Har qanday ikkita Uolsh funksiyasi uchun quyidagi ifoda kuchga ega

$$\sum_{l=0}^{N-1} WAL(m, l)WAL(n, l) = \begin{cases} N & \text{agarda } n = m, \\ 0 & \text{agarda } n \neq m. \end{cases}$$

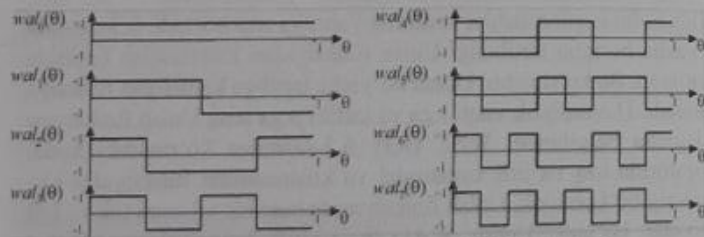
ya'ni Uolsh funksiyalari o'zaro ortogonal.

Uolsh almashtirishi uchun to'g'ri va teskari almashtirishlarni tadbiq etish mumkin:

$$X_k = \frac{1}{N} \sum_{l=0}^{N-1} x_l WAL(k, l), \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (6.13)$$

$$x_k = \sum_{l=0}^{N-1} X_l WAL(k, l), \quad k = 0, 1, \dots, N-1, \quad (6.14)$$

Agar $1/N$ ko'paytmani e'tiborga olinmasa teskari almashtirish to'g'ri almashtirish bilan bir xil va $WAL(k, l) = \pm 1$ bo'ladi.



6.3-rasm. Uolshning 8×8 tartibli almashtirishi matritsasi uchun tuing ketma-ket kattalashishi $p = 1$ gacha tartibga keltirilgan funksiyalari.

Shuning uchun "shakl"lar juftlarini matritsalarini raqamli usul (metod) asosida ko'paytirish natijasida topish mumkin. Ammo faza haqidagi axborot yo'qligi uchun UDA tez korrelyatsiya (korrelyatsiya oralig'i kichik)larni va o'ramlarni hisoblash uchun yaroqsiz. (6.13) tenglik UDA k nchi elementini diskret signal har bir elementi x_k ni k ketma-ketlikli Uolsh funksiyasiga kupaytirishi va k ning hamma

qiymatlari uchun qo'shish orqali olish mumkin $k=0, 1, \dots, N-1$ k ning hamma elementlari uchun uni matritsa ko'rinishida yozish mumkin

$$X_k = x W_k \quad (6.15)$$

bunda $x_k = [x_0, x_1, \dots, x_{N-1}]$ - ma'lumotlar ketma-ketligi.

$$W_k = \begin{bmatrix} W_{0,0} & W_{0,1} & \dots & W_{0,N-1} \\ W_{1,0} & W_{1,1} & \dots & W_{1,N-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{N-1,0} & W_{N-1,1} & \dots & W_{N-1,N-1} \end{bmatrix} - \text{Uolsh almashtirishi matritsasi,}$$

$X_k = [X_0, X_1, \dots, X_{N-1}]$ - UDA matritsasi tashkil etuvchilari.

Alohida ta'kidlaymiz, W_k - bu $N \times N$ tartibli matritsa, bunda N berilgan nuqtalar soni, ya'ni diskret signal nuqtalari. Agar N berilgan nuqtalar soni bo'lsa, u holda Uolsh funksiyasining dastlabki N ta tartibga keltirilganlarini ko'rib chiqish kerak bo'ladi. Ularning har biri N marta diskretizatsiyalanadi, bunda W_k matritsaning k -chi qatori k komponenta ketma-ketligining N ta diskret qiymatlariga to'g'ri keladi.

Adamar almashtirishi

Adamar almashtirishi yoki Uolsh-Adamar almashtirishgi bu xam mazmunan Uolsh almashtirishi bo'lib, fakat boshqa tartibdagi Uolsh fushssiyalari va boshqa almashtirish matritsasi katoridir. Bunday urin almashtirishlar natijasida olinadigan Adamar matritsasi, ikkinchi tartibli matritsaning massiv ostini uz ichiga oladi. 6.4-rasmda Adamarning 8×8 tartibli matritsasi ko'rsatilgan bo'lib, u 2H ko'rinishida belgilanadi.

Uni matritsalar orkali yozish mumkin

$${}^2H = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \text{ va } -{}^2H = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$$

Adamarning har qanday $2N$ tartibli matritsasini 2H dan rekursiya shaklda olish mumkin, ya'ni

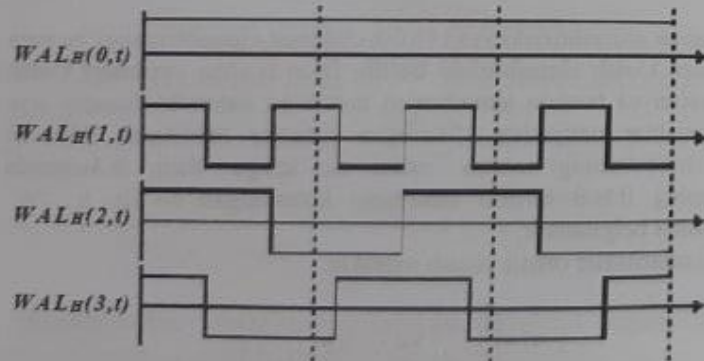
$${}^n H = \begin{bmatrix} {}^n H & {}^n H \\ {}^n H & {}^n H \end{bmatrix}$$

(6.16)

		$i \rightarrow$							
		0	1	2	3	4	5	6	7
0	$\downarrow k$	1	1	1	1	1	1	1	1
1		1	-1	1	-1	1	-1	1	-
2		1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
3		1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
4		1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
5		1	-1	1	-1	-1	1	-1	1
6		1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
7		1	-1	-1	1	-1	1	1	-1

6.4-rasm. Adamarning 8x8 tartibli almashtirish matritsasi.

Bu rekursivlik xossasidan Uolsh funksiyaskni Adamar tomonidan aniqlangan tartibda joylashgirish natijasida olingan Uolsh-Adamar tez almashtirishini UDAGA nisbatan ancha katta tezlik bilan xisoblash mumkin. Adamar tartibida joylashgan Uolsh (tabiiy tartibda joylashgan) funksiyasi 6.5-rasmda ko'rsatilgan.



6.5-rasm. Adamar 4x4 tartibli almashtirish matritsasi uchun diskretizatsiyalash vaqtini ko'rsatuvchi $p=7$ gacha Adamar tartibida joylashgan Uolsh funksiyasi.

Veyvlet almashtirishi

Geyzenberg noma'lumlik (noaniqlik) fizik prinsipiga asosan, bir vaqtning o'zida x zarrachaning holati va uning impulsi r ni aniq bilish mumkin emas. Amalda

$$xp \geq h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Dj} \cdot s \quad xp \geq h = 6,626$$

bunda h — Plank doimiysi. Eynshteynning $E = \alpha^2$ tenglamasi asosida bu prinsipi signallarga ishlov berish sohasida ham qo'llash mumkin. Bunda Geizenberg prinsipi quyidagicha ta'riflanadi: bir vaqtning o'zida har qanday aniqlik bilan vaqt va chastotani aniqlash mumkin emas, ya'ni

$$\nabla f \cdot T \geq 1$$

bunda ∇f va T chastota va vaqt bo'yicha farqlanishni ifodalaydi. Agar chastota qiymati yuqori aniqlik bilan farqlansa (aniqlansa), u holda chastota nisbatan kam aniqlik bilan baholanadi va aksincha.

Natijada bir vaqtning o'zida signal tashkil etuvchilari chastotasini va uning paydo bo'lish vaqtini yoki signal turli chastotali tashkil etuvchilarini vaqt bo'yicha ajratish talab darajasidagi yuqori aniqlik bilan o'lchash yetarli darajada murakkab bo'lishi mumkin. Bu holat agar signal yuqori chastotali tashkil etuvchilardan iborat bo'lsa va ular vaqt soxasida uzoq davomiyli tashkil etuvchilarga juda ham yaqin joylashgan bo'lsa va ular ham o'z vaqtida chastota sohasida yaqin joylashgan bo'lsa, hamda turli onlar (vaqtlar)da hosil bo'lsa yuz berishi mumkin.

Bunday signallar davriy bo'lmaydi. Bu chastota-vaqt tahlili umumiy muammosini yechish uchun Veyvlet almashtirishdan foydalaniladi (wavelet transform), u nostatsionar signallarni tahlil etish vositasi hisoblanadi. Veyvlet almashtirishdan signallarni filtrlashda, shovqinlarni yo'qotishda, sinulyarlik joyini topish va ularning taksimlanishini aniqlash kabi masalalarni yechishda foydalanish mumkin.

Fure almashtirishida signal qiymati darajasi ko'rsatkichida mavhum bo'lgan xissa (vesovoy) koeffitsienti bo'lsa va argument garmonik shaklda bo'lib chastotaga bog'liq bo'lsa, ya'ni sinusoidal tashkil

etuvchi bo'lsa, Veyvlet almashtirishda xususiy hissa koeffitsientlari qiymati sifatida Veyvlet funksiyalardan foydalaniladi.

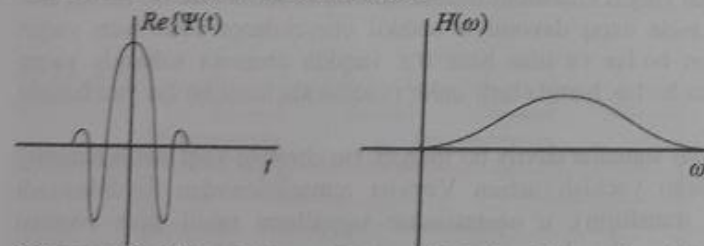
Hamma Veyvlet funksiyalar asosiy (bazaviy) Veyvlet funksiyasidan olinadi. Ba'zi xossalari bo'lishini ta'minlash uchun bir qator asosiy (bazaviy) funksiyalardan foydalaniladi. Talab etiladigan xossalarga ega bo'lish uchun Veyvlet funksiya tebranishlar shaklida bo'lib, doimiy tashkil etuvchisi bo'lmasligi kerak, spektri ma'lum bir kichik polosada joylashgan bo'lishi, kichik vaqt ichida nolga teng qiymatgacha kichiklashishi va aksincha, kichik vaqt oralig'ida o'zining eng katta qiymatiga ega bo'lishi kerak. Bu xususiyat Veyvlet almashtirish bir qiymatli bo'lishiga kafolat beradi. Asosiy funksiyani $\Psi(t)$ ko'rinishida yozish mumkin. Misol uchun, Morlet yoki Gauss modifikatsiyalangan asosiy funksiyasi (Morle veyvleti) quyidagicha ifodalaniadi

$$\Psi(t) = e^{-\pi t^2} e^{-i\pi t^2} \dots$$

Uning Fure ko'rinishi

$$H(\omega) = \sqrt{2\pi} e^{-(\omega - \omega_0)^2 / 2}$$

Bu ikki signal 6.6-rasmda keltirilgan bo'lib, bundan ko'rinadiki $\Psi(t)$ funksiya yuqorida keltirilgan talablarga javob beradi, ya'ni tebranuvchan va nolgacha kichiklashadi.



6.6-rasm. Modifikatsiyalangan Gauss yoki Morlet, $\Psi(t)$ ona (asosiy) veyvlet funksiyasi va uning Fure ko'rinishi $H(\omega)$.

Uzluksiz veyvlet almashtirishni $(UVA)(a, \tau)$ quyidagicha ifodalash mumkin

$$(UVA)(a, \tau) = (1/\sqrt{a}) \int s(t) \Psi\left\{\frac{t-\tau}{a}\right\} dt$$

Bu tenglama parametrlarini diskretlash natijasida diskret parametrlari veyvlet almashtirishi $(DPVA)(m, n)$ ni olish mumkin, u quyidagicha aniqlanadi

$$(DPVA)(m, n) = a_0^{-m/2} \int s(t) \Psi\left\{(t - n\tau_0 a_0^m) / a_0^m\right\} dt,$$

bunda quyidagi almashtirishlar amalga oshirilgan: $a = a_0^m, \tau = n\tau_0 a_0^m$. Bu almashtirishlarda a_0 va τ_0 lar a va τ lar uchun diskretizatsiyalash oralig'i; m va n lar esa butun sonlar.

Ko'p hollarda $a_0 = 2a$ va $\tau_0 = 1$ ga teng deb olinadi. Yuqoridagilarni e'tiborga olinsa

$$\begin{aligned} DPVA(m, n) &= 2^{-m/2} \int s(t) \Psi\left\{(t - n2^m) / 2^m\right\} dt = \\ &= 2^{-m/2} \int s(t) \Psi\left\{2^{-m} t - n\right\} dt \end{aligned}$$

Radon almashtirishi.

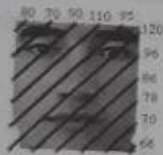
Raqamli tasvirlarni qayta ishlash va tanib olish bilan bog'liq ilmiy-amaliy masalalarni hal etishda tasvirlarning identifikatsion belgilarini ajratib olish (aniqlash) masalasi muhim hisoblanadi. Belgilarni aniqlash usullari ko'p, lekin tasvirning sifatiga va turli halaqitlarga nisbatan turg'un bo'lgan ishonchli usulni topish zarur. Hozirgi kunda shunday xususiyatlarga ega bo'lgan Radon va unga o'xshash almashtirishlardan dunyo olimlari keng foydalanmoqdalar.

Masalaning qo'yilishi

Ta'kidlanadiki, Radon almashtirishi yordamida ishonchli belgilar fazosini qurish mumkin. Olimlar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda shu narsa ma'lum bo'lganki, biror ob'ektni odam tanib olishi uchun shu ob'ekt tasviri ko'z yordamida skanerlanadi (skaner - ko'z yugurtirish, nusxa olish ma'nosini beradi). Skanerlash jarayoni tasvirdagi axborotlarni ma'lum bir qadam bilan biror to'g'ri chiziq bo'ylab o'qish orqali amalga oshiriladi. To'g'ri chiziqdami turli burchaklarda

$(\theta \in [0, \pi])$ qurish orqali ko'plab skanerlash natijalarini olish mumkin. Demak, turli burchaklarda va ma'lum bir qadam (odatda 1 qadam olinadi) bilan to'g'ri chiziqlarni qurish va shu to'g'ri chiziqlarga mos kelgan tasvir piksel ranglari yig'indisini hisoblash orqali tasvirning Radon matritsasini shakllantirish algoritmini ishlab chiqish masalasi paydo bo'ladi.

Tasavvurga ega bo'lish uchun, berilgan kulrang tasvir (odam yuzi) uchun 45° da 10 qadam bilan qurilgan chiziqlar hamda ularga mos tushgan piksel ranglari summasi (yoki integral proeksiya qiymati) quyidagi rasmda (6.7-rasm) keltirilgan. Ta'kidlash kerakki, qiymatlar umumiy summaning piksellari soniga nisbati, ya'ni o'rtacha qiymati bilan berilgan.



6.7-rasm. 45° da 10 qadam bilan qurilgan chiziqlarga mos integral proeksiyalar.

Radon almashtirishning umumiy formulasi

Berilgan $f(x, y)$ tasvirda $l(s, \theta)$ to'g'ri chiziq bo'ylab proeksiyani hisoblash formulasi quyidagicha bo'ladi:

$$R_{\theta, s}[f(x, y)] = \int_l f(x, y) dl. \quad (6.17)$$

Bu yerda l to'g'ri chiziqning barcha nuqtalari quyidagi formulani qanoatlantirishi kerak:

$$x \cos(\theta) + y \sin(\theta) - s = 0, \quad (6.18)$$

bu yerda s – perpendikulyar masofa.

U holda (1) formulani quyidagicha yozish mumkin:

$$R_{\theta, s}[f(x, y)] = \iint f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - s) dx dy, \quad (6.19)$$

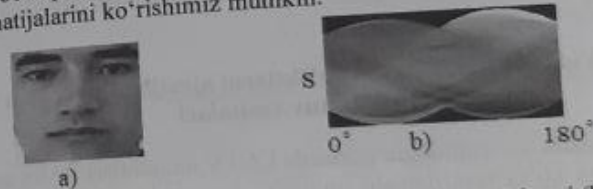
bu yerda $\delta(x)$ - delta (yoki Dirak) funksiya.

$$R[\theta, s] = \sum_{x=0}^{W-1} \sum_{y=0}^{H-1} f(x, y) \delta(x \cos \theta + y \sin \theta - s), \quad (6.20)$$

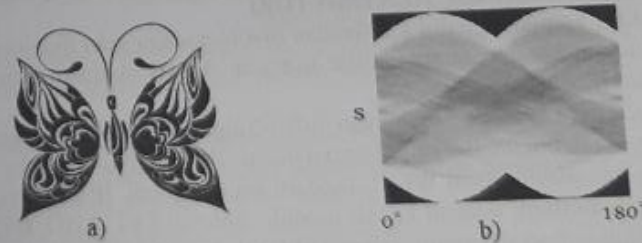
bu yerda W – tasvirning eni (ustunlar), H – tasvirning bo'yi (qatorlar).

Olingan natijalar

Yuqoridagi formulalar asosida algoritm va amaliy dastur (C++ dasturlash tilida) yaratilgan. Quyida odam yuzi tasviri (6.8-rasm) hamda boshqa ob'ekt tasviri (6.9-rasm) uchun Radon matritsalarini qurish natijalarini ko'rishimiz mumkin.



6.8-rasm. Odam yuz tasviri (a) va uning Radon matritsasi (b).



6.9-rasm. Kapalak tasviri (a) va uning Radon matritsasi (b).

Radon matritsasi asosida identifikatsion belgilarni ajratib olish

Radon matritsasining o'zi bizga to'raligicha tasvir belgilarini berishi mumkin. Tasvirlarni o'xshashligini taqqoslashda undan foydalanish mumkin. Masalan, har bir ustun bo'yicha (0° dan 180°

gacha) alohida vektorlarni belgi sifatida qarab, ularni solishtirish mumkin. Vektorlarni solishtirishda Korrelyatsiya (Correlation), Xi-kvadrat (Chi-Square), Kesishma (Intersection) yoki Bxattachariya masofasi (Bhattacharyya distance) kabi usullardan foydalanish mumkin.

Shuningdek, belgi sifatida Radon matritsasining konturlarini, momentlarini, LBP (Local Binary Patterns – lokal binar obrazlar) yoki LDP (Local Directional Patterns - lokal yo'nalgan obrazlar)larini olish mumkin.

Radon almashtirishi yordamida raqamli tasvirning turli tipdagi belgilarini ajratib olish mumkin. Bu belgilar asosida tasvirlarni tahlil qilish, yoxud identifikatsiyalash mumkin bo'ladi. Bu toifadagi belgilar tasvirning sifatiga, joylashuviga hamda masshtabiga invariant hisoblanadi. Lekin, hisoblash amallarining ko'pligi ushbu usuldan "aniq vaqt" (real time) rejimida tezkor foydalanish ikoniyatlarini cheklaydi.

6.2. Videoda harakatdagi ob'ektlarni ajratib olish usullari Videokuzatuv vositalari

Xavfsizlik va texnologik sektorda CCTV kameralari ikkita asosiy xususiyatga ko'ra tasniflanishi mumkin: kameradan signalni uzatish turi va kameraning versiyasi turi. Ularni tartib bilan ko'rib chiqamiz.
KAMERADAN SIGNAL UZATISH TURI

Hozirgi vaqtda signalni kameradan hisoblagichga yoki monitorga uzatish uchun bir nechta standartlar mavjud. Asosiy standart tarmoq tuzilmalari hisoblanadi:

IP uzatish bazasiga asoslangan juft o'ralgan mis kabellar, optik kabellar yoki radiokanallar orqali signal uzatuvchi kompyuter tarmog'i, bularning hammasini asosi Wi-Fi standarti tashkil qiladi. IP-kameralar ushbu ma'lumotlarni uzatish kanali asosida ishlaydi. TVI, AHD, CVI, HD-SDI standartlari va ularning o'zgarishlarida signalni uzata oladigan koaksiyal kabel. Ilgari, koaks asosan PAL yoki NTSC standartlarida analog kuzatuv kameralaridan signalni uzatish uchun ishlatilgan, ammo so'nggi bir necha yil ichida barcha analogli video kuzatuvlar bozordan chiqib ketdi va o'rmini zamonaviy yuqori aniqlikdagi raqamli standartlar egalladi.

Gibrid signal uzatish tizimlari uzatish media konvertorlari yordamida kompyuter tarmog'ini nafaqat o'ralgan juftlik kabeli yoki optik kabel orqali, balki koaksiyal kabel orqali ham tashkil qilish imkonini beradi va o'z navbatida, TVI, AHD, CVI, HD-SDI media adapterlari yordamida o'ralgan juftlik va optik kabel orqali bajarilishi mumkin.

Signalni uzatish uchun ular kompyuter tarmog'idan foydalanadilar, buning natijasida tarmoqqa ulanish elementi maxsus vilkadagi 8 simli sim uchun RJ45 ulagichidir (Jek RJ, ba'zilar uni RG45 deb atashadi, lekin to'g'ri nomi RJ-ro'yxatdan o'tgan Jek). Boshqa tomondan, kabel odatda bir xil ulagichlarga ega bo'lgan kamutatorga ulanadi. Variantlarda, kamutator o'rninga kamerani Internetga to'g'ridan-to'g'ri ulash uchun yo'riqnoma bo'lishi mumkin, signal uzatish muhiti konvertoriga (media konvertori), signalni uzoq masofalarga uzatish uchun - 80 km yoki undan ko'proq masofaga uzatish mumkin. oraliq qurilmalardan foydalanmasdan optik kabel orqali uzatilishi mumkin. IP-kamera ixtiyoriy ravishda Wi-Fi moduli bilan jihozlanishi mumkin, bu esa simlardan foydalanmasdan, Wi-Fi tarmog'i orqali tarmoqqa ulanishi mumkin.

Quvvat to'g'ridan-to'g'ri, quvvat manbaidan kameraga yoki kompyuter tarmog'iga ulanadigan bir xil o'ralgan kabeldan foydalanishi mumkin. Bunday holda, kamera ham, kamutator ham PoE (Power over Ethernet) ni qo'llab-quvvatlashi kerak. Ta'minot kuchlanishini kameraga o'tkazishni tashkil qilish uchun qo'shimcha qurilmalardan ham foydalanish mumkin - PoE injektorlari, ular ta'minot kuchlanishini (36-53V AC, nominal 48V) kabelga va PoE ajratgichlarga "haydash" imkonini beradi. PoE kalitidan PoE bo'lmagan kamera, almashish quvvati va tarmoq ulanishi

Shuni ta'kidlash kerakki, allaqachon to'liq simsiz IP kameralar mavjud (WiFi kamerasi quvvat manbaini talab qiladi, shuning uchun uni 100% simsiz kamera deb hisoblash mumkin emas). Kamida ikkita brend batareyalarda uzoq vaqt ishlaydigan bunday qurilmalarni ishlab chiqaradi - Arlo va Blink.

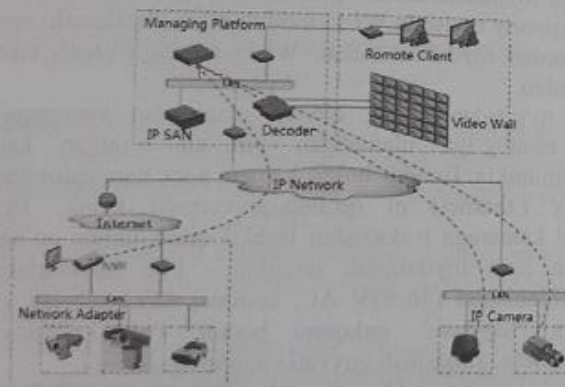
Signal uzatish diapazoni (ulanish simining uzunligi 100 metrgacha, garchi ba'zi ishlab chiqaruvchilar allaqachon "kamera-switcher" to'plamida kamerani ePoE bilan uzunligi 800 metrgacha bo'lgan kabel bilan ulash imkonini beradigan uskunalarni taqdim etgan bo'lsalar ham. WiFi bilan hammasi shartlarga bog'liq, ulanish

diapazoni 5 dan 150 metrgacha, optika nuqtai nazaridan, ishlatiladigan SFP moduliga qarab 80 km gacha.

Kadr o'lchamlari standart 2 va 4 MP, qimmatroq loyihalarda 4K (8 MP). 7K (30MP) va undan yuqori kameralar mavjud va sotiladi. 3 va 5MP, asosan, 2, 4 va 8MP dan farqli o'laroq, ramkaning 4:3 nisbati bilan ajralib turadi, bu yerda tomonlar nisbati 16:9, zamonaviy monitorlar bilan bir xil. Va byudjet segmentida - 1 va 1,3 MP.

Deyarli barcha IP-kameralarda o'rnatilgan harakat detektorlari mavjud bo'lib, u hodisani yozib olish qurilmasiga xabar beradi. Murakkab kameralarda mikrofon, dinamiklar, tashqi sensorlarni ulash mumkin.

Yozib olish NVR yoki NAS drayverida oddiy yechimlarda va IP-kameralardan oqimni yanada ilg'or tizimlarda, jumladan bulutli saqlashda yozib olish uchun o'rnatilgan dasturiy ta'minotga ega serverlarda amalga oshirilishi mumkin.



6.10-rasm. Xavfsiz shahar video kuzatuv tizimi sxemasi.

AHD - Nextchip tomonidan ishlab chiqilgan yuqori aniqlikdagi video uzatish standarti (Analog High Definition), HD-CVI - Dahua tomonidan ishlab chiqilgan yuqori aniqlikdagi koaksial video interfeysi (High Definition Coaxial Video Interface) uzatish standarti va HD-TVI - yuqori aniqlikdagi video uzatish standarti (High Definition Transport Video Interface) - Techpoint (chiplar) tomonidan ishlab chiqilgan va Hi

Sharp ko'magida Hikvision tomonidan tayyor uskuna sifatida taqdim etilgan - yuqori aniqlikdagi kameralarni 500 metrgacha koaksial kabel orqali uzatish imkonini beruvchi standartlar. Agar siz standartlar va raqamlarning yovvoyi tabiatiga kirmasangiz (standartlarning har biri uchun batafsil tavsiflar mavjud - TVI, AHD, CVI), unda ular tabiatan juda o'xshash. Raqamli sinxronizatsiya bilan progressiv skanerlashda yuqori aniqlikdagi video signalni uzatish uchun kamera (uzatuvchi) tomonidan va ro'yxatga oluvchi (qabul qiluvchi) tomondan maxsus mikrosxemalarning juftliklaridan foydalanish. Farqlar ishlatiladigan chipsetlardir. Turli xil standartlar bir-biriga mos kelmaydi. Ammo agar yaqin vaqtgacha bu ma'lum bir brendning muxlislari uchun muammo bo'lgan bo'lsa, hozirda har uch formatda ham ishlay oladigan ko'p gibrid kameralar va magnitafonlarning ko'plab modellari ishlab chiqarilmoqda (+ IP va analog CCTV, natijada beshta format mavjud) Odatiy imkoniyat (kameralarning ommaviy savdosi) 1MP (720p) va 2MP (1080p), lekin 3MP, 4MP, 5MP va 8MP kameralar va magnitafonlar ham sotiladi.

Yetkazish diapazoni, yuqorida aytib o'tilganidek, 500 metrgacha va siz qilmoqchi bo'lgan ulanish segmenti qanchalik uzun bo'lsa, qalinroq markaziy yadroli eng yaxshi koaksial kabeldan foydalanish qanchalik maqbulroq. Signal uzatish maxsus signal adapterlari yordamida o'ralgan juftlik va optik kabel orqali ham mumkin uzatilishi mumkin.

Standartlar ovoz va boshqaruv signallarini kameradan kamera bitta kabel orqali uzatishni nazarda tutadi, ammo bozorda bunday modellar ko'p emas.

Bu sohadagi so'nggi yutuqlar qatorida biz Dahuaning yangi mahsulotlarini - 8MP (4K) o'lchamli, video, tovush, boshqaruv va kamera quvvatini bitta kabel orqali uzatish imkoniyatiga ega HD-CVI kameralarini ajratib ko'rsatishimiz mumkin.

HD TVI kameralarining maksimal ruxsati hali ham 5Mp (Turbo HD 3.0 texnologiyasi) darajasida, garchi Hikvision 4K ni e'lon qilgan bo'lsa-da, AHD ham 5Pm (AHD 3.0 texnologiyasi) ga ega.

Yozib olish tegishli standartlardagi videoregistratorlarda amalga oshiriladi. Ro'yxatga oluvchilarning deyarli barcha zamonaviy modellari IP tizimlariga keyingi integratsiya qilish yoki masofadan ko'rish uchun Internet orqali signal uzatish uchun kameralardan signalni IP oqimiga (odatda RTSP) aylantirishi mumkin. Kompyuterlar

va serverlarga o'rnatilgan raqamlashtirish platalari tarqatilmagan. Ulanish uchun BNC ulagichlari bo'lgan koaksiyal kabel kameraning yonidan ham, ro'yxatga oluvchining yonidan ham ishlatiladi. Muqobil ma'lumot uzatish kanallaridan (o'ralgan juftlik yoki optika) foydalanilganda, BNC konnektorlari media konvertorlarining chiqishlarida allaqachon mavjud.

Kameralar odatda kameralarning quvvat sarfiga mos keladigan 12V DC quvvat manbai bilan quvvatlanadi (24V AC quvvati PTZ va perimetrl kameralar uchun ham ishlatilishi mumkin).

Teleradiokompaniyadan kelgan HD-SDI video kuzatuv texnologiyasi bir necha yil oldin xavfsizlik tizimlari bozorini zabt etishga harakat qildi, ammo uning yuqori, raqobatbardosh bo'lmagan narxi va kabel tizimiga yuqori talablari tufayli u asta-sekin o'ziga xos mahsulotga aylandi. maksimal tasvir sifati talab qilinadigan ob'ektlarda qo'llaniladi - kameradan magnitafonga video signal siqilmasdan va 60 kadr/s gacha kadrlarni yangilash tezligi bilan keladi, bu esa kabel tarmog'iga katta talablarni qo'yadi (ma'lumotlar oqimi 1,485 Gbit/s va 2,970 Gbps, mos ravishda, HD-SDI va 3G-SDI). Texnologiya to'xtamaydi, Eynix (Janubiy Koreya) tomonidan ishlab chiqilgan EX-SDI (Kengaytirilgan Serial Digital Interface) standarti paydo bo'ldi va bu aslida HD-SDI / 3G-SDI standartlarini yanada rivojlantirishga qaratilgan, uzatish diapazonidagi 100-150 metrlik cheklovni yengib o'tishda. Buning uchun EX-SDI minimal JPEG siqishni (vizual ravishda sezilarli yo'qotishlarsiz) ishlatadi, bu video tasvirni vizual idrok etishga mutlaqo ta'sir qilmaydi, lekin video ma'lumotlar oqimini sezilarli darajada kamaytirishi mumkin (270 Mbit/s gacha). Natijada, video eshittirish diapazoni 400-500 m gacha ko'tariladi (koaksiyal kabelning turiga qarab). HD-SDI/3G-SDI standartlarining barcha afzalliklari saqlanib qolgan.

Kadr o'lchamlari - 2 MP (1080p). EX-SDI 4K uskunasi e'lon qilingan, ammo hali bozorda emas. Tavsiya etilgan markaziy yadro qismi kamida 1,1 mm HD-SDI — 100-150 metr, EX-SDI 400-500 metrgacha bo'lgan koaksiyal kabel orqali signal uzatish. Kameralar kameralarning quvvat sarfiga mos keladigan 12V DC quvvat manbai bilan quvvatlanadi (24V AC quvvati PTZ va perimetrl kameralar uchun ham ishlatilishi mumkin).

Yozib olish HD-SDI/EX-SDI standartidagi videoregistratorlarda amalga oshiriladi (esda tutish kerakki, ba'zida EX-SDI uchun maxsus adapter talab qilinadi).

Video kuzatuv kameralarning korpusli bajarish turlari

Ular o'rnatilgan matritsaga ega bo'lgan plata va uzatish uchun ulagichlardir. Tegishli korpusga o'rnatilishi mumkin. (Xitoyda ishlab chiqaradi, boshqasi korpuslar ishlab chiqaradi, uchinchi hammasini bir butunga yig'adi va qadoqlaydi). Kundalik foydalanishda ular kamdan-kam hollarda qo'llaniladi, chunki, tanasi yo'q (va shunga mos ravishda mahkamlash va tashqi omillardan himoya qilish). Ular quti kameralarini ta'mirlash yoki yangilash uchun yoki o'z loyihalarida ishqibozlar tomonidan qo'llaniladi.

Silindrsimon o'q ("o'q" so'zidan olingan) kameralar - ichki o'rnatish uchun ob'ektivli kichik kameralar va (asosan) ko'chaga o'rnatish uchun (ko'plab narxlar ro'yxatlarida ular "Ko'cha kamerasi" deb ataladi). Bu silindr (yoki tsilindrga o'xshash narsa), bir tomoni shisha, ikkinchi tomoni esa har qanday sirtga o'rnatish uchun qavs. U dastlab linzalar bilan jihozlangan (qattiq, qo'lda sozlangan varifokal yoki avtofokusli ZOOM linzalari), chang va namlikdan himoya qilish sinfiga ega (IP66 yoki IP 67 ochiq havoda mos keladi), vandaldan himoyalangan metall korpus. B/w rejimida tungi kuzatish uchun IR yoritgichi bilan jihozlangan (kamdan-kam holatlar bundan mustasno, ishlab chiqaruvchi Starlight tipidagi matritsani qo'yadi, u tunda rangda ko'rsatiladi).

Turli sirtlarga (binoning tashqi yoki ichki burchagi, ustun va boshqalar) o'rnatish uchun yetakchi ishlab chiqaruvchilar maxsus qavslar va o'rnatish qutilarini taklif qilishadi. Sovuq hududlarda ishlash uchun uni qo'shimcha isitish yoki "sovuq ishga tushirish" tizimi bilan to'ldirish mumkin, bunda quvvat yoqilgandan so'ng isitish birinchi marta yoqilganda va ma'lum bir ish haroratiga erishilganda elektronika quvvatlanadi (shunchaki -40 da sovuqda kamerani yoqish uning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin). Ulanish, odatda, 20-30 sm uzunlikdagi qavsdan o'tib, chiqish simlaridagi ulagichlar orqali amalga oshiriladi.

Shisha "qopqoq" bilan yarim shar tipidagi korpusdagi kameralar. Ichkarida braketga linzali kamera moduli o'rnatilgan. Braket linzalarni gorizontal va vertikal o'qlar bo'ylab aylantirib, kerakli yo'nalishga yo'naltirishga imkon beradi. Ijro ham ichki o'rnatish (plastik korpus) uchun ham, tashqi o'rnatish uchun ham (metall, shu jumladan vandalgacha qarshi korpus) bo'lishi mumkin. IQ yoritgich bilan jihozlanishi mumkin. Linzalarning turlari va o'rnatish va ulash uchun qavslardan foydalanish imkoniyati o'q kameralariga o'xshaydi.

Kubik quti, tashqi ta'sirlardan himoyalangan. Orqa tomondan to'g'ridan-to'g'ri korpusga ulanish uchun ulagichlar. Keyinchalik murakkab video kuzatuv tizimlarini qurish uchun mo'ljallangan. Ular odatda linzalarsiz ta'minlanadi (ZOOM linzalari o'rnatilgan noyob modellar bundan mustasno. Tashqi makonda foydalanish uchun ular vazifaga mos keladigan linzalar bilan jihozlangan va termal va germetik korpuslarga o'rnatiladi, shu jumladan arktika sharoitida haroratlarida ishlash uchun ixtisoslashgan. -70 dan, portlovchi va agressiv muhitlar uchun, sovutish tizimini o'rnatish bilan "issiq" do'konlarda ishlash uchun va hokazo.

"Sovun qutisi", "sfera" yoki "kub" ga o'xshash kameralar. Ular qattiq optikasi o'rnatilgan plastik quti. Ular odatda maishiy sohada - kvartiralarda, uylarda yoki kichik ofislarda ishlatiladi. O'rnatilgan mikrofon, IR yoki oq LED yoritgich, PIR harakat sensori, dinamik bilan jihozlanishi mumkin. Orqa tomondan kameraning o'zida ulanish ulagichlari. Ba'zi kub va sferik kameralar masofaviy mijozning signali yoki dasturlashtirilgan dastur orqali gorizontal o'q bo'ylab aylantirilishi mumkin.

IPC-A151.png

Aylanuvchi PTZ (pan tilt zoom) kameralari ham yarim shar shakliga ega, lekin o'rnatilgan aylanish mexanizmi tufayli gumbaz kameralaridan biroz kattaroqdir. Ichki bo'lishi mumkin, lekin asosan ular namlik va changdan himoyalangan tashqi, tashqi kameralardir. Ular boshqaruv signallari yoki dasturlashtirilgan dasturga muvofiq kamerani gorizontal (odatda 360°), vertikal (90°) burish va ko'rish obyektiga yaqinlashish yoki undan uzoqlashish uchun zum linzalarini boshqarish imkonini beruvchi aylanuvchi mexanizm bilan jihozlangan. Ular turli sirtlarga o'rnatish uchun maxsus qavslar bilan jihozlanishi mumkin (va ba'zi ichki PTZ kameralari ham soxta shiftga o'rnatilishi mumkin). Ulanish to'g'ridan-to'g'ri kamera korpusida ham, ulagichlari

bo'lgan masofaviy simlarda ham amalga oshishi mumkin. Ular 150-200 metrgacha bo'lgan ultra uzoq masofani o'z ichiga olgan IR yoritgichi bilan jihozlanishi mumkin. Kamera linzalarini tozalash uchun tozalagichli modellar mavjud. Ushbu turdagi kameralarda ob'ektni avtomatik kuzatish rejimi bo'lishi mumkin; bu kameralar patrul qilish va ob'ektdagi diqqatga sazovor joylarni yaqindan ko'rish uchun ishlatiladi. Aytish mumkinki, PTZ kameralari boshqa kuzatuv kameralari orasida eng ko'p qirrali va funktsionaldir. Lekin, shuningdek, chiziqlardagi eng qimmat

Texnologik jarayonni boshqarish uchun mo'ljallangan kameralar. Ommabop yechim - defekt detektorlari yoki o'rnatilgan kamerali mikroskoplar.

1606141_ogp.jpg

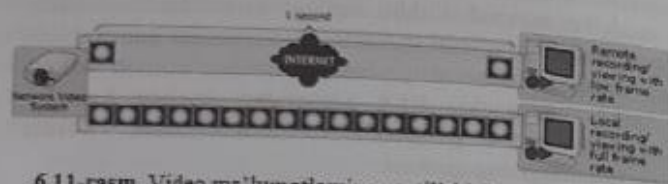
Maishiy buyumlar sifatida yashiringan kuzatuv kameralar. Kameralarni devorlarga, harakat sensorlariga, soatlarga va boshqa narsalarga yashirish imkonini beruvchi pin-teshikli linzalar bilan jihozlangan.

Web-kamera nima? Web-kamera - ichki web-serverli, tarmoqli interfeysli va LAN/WAN/Internetga to'g'ridan-to'g'ri ulangan statsionar o'rnatilgan kameradir (6.12-rasm). Ko'pgina tarmoq kameralari harakat detektor, e-mail ga habar yuborish, modem bilan ishlash, tashqi ogohlantirish qurilmalarini va datchiklarini ulash va shu kabi boshqa qo'shimcha vositalarga ega. Foydalanuvchilarning kameraga murojaati standart web brauzerlar orqali amalga oshirilishi mumkin. Web-kamerani rostdash, undan olingan videotasvirni ko'rish tarmoqdagi barcha foydalanuvchilarga yoki faqat mas'ul foydalanuvchilarga ochiq bo'ladi.

Ko'pgina internet-kameralar kameradan olingan tasvirlarni saqlash uchun ishlatiladi va u video bufer deb ataladi. Video buferda axborot takroriy yangilanib turadi, ya'ni yangi kadr eski kadr o'rniga yozilib turadi. Web-kameralarning video buferiga barcha siqilgan kadrlar yozilar ekan, u holda biror qurilmadan trevogali signal kelganda u trevoga bo'lmasdan oldingi va keyingi video kadrlarni formallashtirib, oldindan aniqlab qo'yilgan FTP yoki SMTP manzilga uzatadi.

Shuningdek, videotasvirlar bilan ishlashda CCD kameralardan ham foydalanish mumkin (6.13-rasm). Bu kameralarni maxsus kuzatuv vositalariga, shuningdek, kompyuterlarga ham ulash mumkin.

Ta'kidlash kerakki, CCD kameralarning texnik va dasturiy imkoniyatlari Web-kameralardan yuqoriroq sanaladi.



6.11-rasm. Video ma'lumotlarning uzatilishi (kadrlar).



6.12-rasm. Web-kamera.



6.13-rasm. CCD kamera.

Videotasvirlardagi ob'ektlarni aniqlash usullari va algoritmlari

Faollik detektorini ma'lumotlar oqimida faollikni aniqlashga asoslangan. Faollik qaysidir ob'ektning harakati bilan aniqlanishi mumkin. Biroq yorug'likning o'zgarishi yoki ma'lumotlarni ro'yxatga olishda va uzatishdagi xalaqitlarda ham yolg'on ishlanmalardan holi emas. Harakat detektorini boshqacha tamoyilda ishlaydi. Ularning vazifasi faqat kadrda harakatga shaylanishdir. Harakat manbai ma'lumotlarni ro'yxatga oluvchi qurilmaga nisbatan bir necha kadrlar davomida o'z joyini o'zgartiruvchi inson, hayvon yoki mexanik

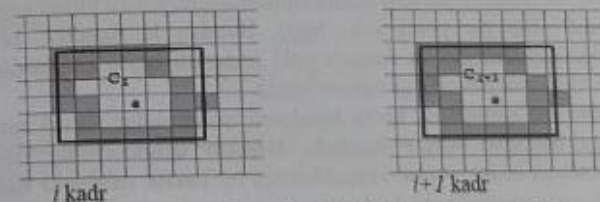
qurilma bo'lishi mumkin.

Dasturiy harakat detektorini - bu videokadrlar oqimida harakatni aniqlash va harakatdagi ob'ektni kuzatishda qo'llaniladigan dasturiy ta'minot.

Videokadr - RGB formatidagi rastri tasvir oluvchi raqamli qurilma, ya'ni raqamli videokameradan olinadigan videokadrlar ketma-ketligi.

Harakat - video oqim qo'shni kadrlarda kuzatiladigan bir necha guruh piksellarning harakatidir. Qo'shni kadrlarda ham xuddi shu piksellar guruxlari harakati nazarda tutiladi.

Harakatdagi ob'ekt - bu qo'shni kadrlarda o'z shaklini saqlovchi piksellar guruxi. Bu guruxning to'g'ri to'rtburchak bilan qoplanadigan o'lchami saqlanib, markaziy nuqtasi bu kadrlar orasida siljiydi. 6.14-rasm qo'shni kadrlarda to'g'ri to'rtburchak bilan qoplangan piksellar guruxi keltirilgan.



6.14-rasm. To'g'ri to'rtburchak bilan o'ralgan qo'shni kadrlardagi piksellar guruxi.

Kuzatish - video oqimda bir necha kadrlar harakatdagi ob'ektni ketma-ket ro'yxatga olish va uning harakat traektoriyasini qurish jarayoni.

Harakat detektorini ishlab chiqish rastri tasvirlarni qayta ishlash va ularda harakatdagi ob'ektni aniqlash usullarini tadqiqot qilish va qo'llashdan iborat.

Tadqiqot natijalari quyidagi talablarga javob berishi kerak:

- Real vaqtda detektorning ishlash imkoniyati;
- Tashqi ta'sirlarga turg'un ishlashi;
- Ro'yxatga oluvchi va uzatuvchi qurilmalarning xalaqitlarida yolg'on axborotlarni sonining minimalligi;

- Qo'riqlanayotgan ob'ekt uchun xavf tug'diradigan yolg'on xalaqitlar (daraxtning qimirlashi, barg to'kilishi, turli o'simliklar va boshqalar)ning minimal soni.

Ishlab chiqilgan detektor ish sifati turli sharoitlarda turli raqamli videokameralarda tushirilgan kichik videofilmlarda sinab ko'riladi.

Video ma'lumot deganda video tasvirlarning ketma-ket kadrlar tuzilmasidagi ma'lumotlar oqimi tushuniladi. Bu kadrlar oldindan o'rnatilgan tasvir oluvchi qurilmalar (raqamli yoki analogli kameralar) orqali olinadi yoki biror maxsus dasturiy ta'minot orqali sintezlashgan (animatsion) xolda uzatish va saqlash uchun qulay ifodalangan bo'ladi. Bir oqimdagi (potok) barcha kadrlarda tasvirlar bir xil o'lchamda bo'ladi va ular aniq doimiy vaqt intervalida tushiriladi. Qo'shni kadrlar orasida teskari vaqt intervalidagi kattalik – bu bir sekundda ishlanishi kerak bo'lgan kadrlar soni (frames per second yoki fps). Bundan tashqari, oqimning barcha kadrlari rangi bir xil darajada bo'lib, kadrlarning bir pikselini saqlash uchun ishlatiladigan xotira bitlari sonida o'lchanadi (bits per pixel yoki bpp). Bundan ko'rinadiki, EHM xotirasida saqlanadigan va dasturli yoki apparatli qayta ishlanadigan raqamli video ma'lumotlarga ega bo'lamiz.

Video ma'lumotlarga ko'ra harakatni aniqlashdan avval rastri kadrlarga dastlabki ishlov beriladi. Harakat detektorining rastri ma'lumotlarga ishlov berish ketma-ketligi bir necha dastlabki ishlab beruvchi va harakatdagi ob'ekt detektorining xususiy filtrlaridan iborat.

Video ma'lumotlarga ko'ra harakatni aniqlashdan avval rastri kadrlarga dastlabki ishlov beriladi. Harakat detektorining rastri ma'lumotlarga ishlov berish ketma-ketligi bir necha dastlabki ishlab beruvchi va harakatdagi ob'ekt detektorining xususiy filtrlaridan iborat.

Harakatni aniqlashning usullaridan biri kadrlararo farqlash usulidir. Kadrlararo farqni hisoblash usuli harakatni aniqlashning keng tarqalgan birinchi usuli hisoblanadi.

Biroq bunday yondashuv bilan harakatni baholash yaxshi samara bermaydi. Chunki tasvirga oluvchi apparatlardagi yoritish shartlarining o'zgarishida, kameraning kichik silkinishida va boshqa xolatlarida detektorning xato ishlashi kuzatilgan. Shuning uchun kadrlararo farqlarni hisoblashdan oldin video kadrlarga dastlabki ishlov berish kerak.

Video ma'lumotlar oqimida tasvirlarga dastlabki ishlov berish

to'g'risida to'xtalib o'tirmaymiz. Endi kadrlararo farqni hisoblaymiz. RGB formatidagi rangli video ma'lumotlar qayta ishlanganda ikki kadrlarning kadrlararo farqini hisoblash algoritmi quyidagicha bo'ladi:

- 1) Algoritm kirishida o'zida RGB formatida ketma-ket baytlarni ifodalaydigan ikki video kadr olinadi.
- 2) Kadrlararo pikseli farqlarni hisoblash quyidagicha amalga oshiriladi.

$$R'_{\text{qayn}} = |R'_1 - R'_2|, \quad G'_{\text{qayn}} = |G'_1 - G'_2|, \quad B'_{\text{qayn}} = |B'_1 - B'_2|,$$

bu yerda R'_{qayn} , G'_{qayn} , B'_{qayn} natijaviy rastri i -nchi pikseli rangining qizil, yashil va ko'k komponentlari, R'_1 , G'_1 , B'_1 , R'_2 , G'_2 , B'_2 lar birinchi va ikkinchi kadrda i -nchi piksel rangining qizil, yashil va ko'k komponentlari.

- 3) Har bir piksel uchun rangning uchala komponentlari o'rtachasi hisoblanadi:

$$P' = (R'_i + G'_i + B'_i) / 3$$

- 4) Tasvir binar oq-qora tasvirga o'tkaziladi, ya'ni berilgan T porog bo'yicha qiymat taqqoslanadi. Natijada taqqoslash ikkilik niqob shaklida bo'ladi:

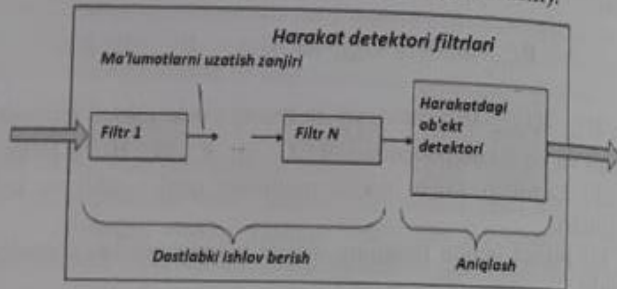
$$m' = \begin{cases} 0, & p' < T \\ 1, & p' \geq T \end{cases}$$

bu yerda m' - niqobning i -nchi element kiymati, T - taqqoslash porogi, ba'zan u sezuvchanlik darajasi deb ham nomlanadi. Shunday qilib, oq-qora rangli binar tasvir hosil qilish algoritmi chiqishida boshlang'ich ikki kadrlarning piksellari ranglarining uch komponentlariga mos bitta element hosil qilinadi. Natijaviy tasvir sohasida joylashgan niqobdagi birliklar harakat mavjud yoki mavjud emasligini aniqlashi mumkin. Undagi ayrim 1 lar yolg'on axborot berishi ham mumkin.

Harakat detektori filtrlarga rastri ma'lumotlar, tasvir esa zaruriy elementlarni ajratib, qolganini yuqotish imkonini beruvchi ustida aniq almashtirishlarni ham bajaradi. Bundan so'ng qiziqirayotgan

elementlar harakatdagi ob'ekt sifatida ro'yxatga olinadi, keyin yoki sinflanishi yoki x.o.ning ma'lumotlar bazasiga saqlanishi, yoki agar tizim to'liq avtomatlashtirilmaganda inson qaror qabul qilishi talab etilganda operator displeyi ekraniga chiqarishi mumkin.

Shunday qilib, harakat detektorining rastrli ma'lumotlarga ishlov berish ketma-ketligi bir necha dastlabki ishlab beruvchi va harakatdagi ob'ekt detektorining xususiy filtrlaridan borat. (6.15-rasm).



6.15-rasm. Harakat detektor filtrlarining ichki tuzilmasi.

6.3. Raqamli video-tasvirlarda identifikatsion belgilarning xossalari

Manba tasvir belgilari

Manba (dastlabki) tasvir deb kompyuter xotirasiga kiritilgan va asosan biror ko'rinishdagi ishlov berilmagan kulrang tasvirga tushuniladi.

Ko'pincha tasvirlarni tanish tahlil qilinganda manba tasvirdan turli tartibli asos va hosila belgilar ajratish imkonini beradigan boshlang'ich belgilar bilan cheklanadi. Ulardan ko'proq ishlatiladigani quyidagilar:

1. Alohida nuqta yorug'lik darajasi - f_{ij} . Bu belgi asosiy hisoblanadi va deyarli barcha qolgan belgilar uning asosida aniqlanadi;
2. Tasvirdagi maksimal yorug'lik darajasi - f_{max} .
3. Minimal yorug'lik darajasi - f_{min} . Bunda f_{min} va f_{max} larning qiymatlari tasvir qiymatlari o'zgarish oralig'ini aniqlash imkonini beradi;

4. Tasvirning o'rtacha yorug'lik darajasi: $f_{\bar{p}} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M g_{ij}$, bu yerda

$N \times M$ tasvir o'lchamlaridir.

5. Ma'lum bir qiymatli nuqtalar soni - K_j . Odatda quyidagi ko'rinishda jadval tuziladi:

Nuqtaning yorug'lik qiymati	X_0	X_1	X_2	X_z
Shu qiymatli nuqtalar soni	K_0	K_1	K_2	K_z

Bu jadval tasvir elementlari yorug'lik qiymatlari gistogrammasini beradi. K_j qiymatlarni $N \times M$ ko'paytmaga bo'lib, yorug'lik taqsimoti ehtimolligi P_j ni olish mumkin. Ushbu gistogramma asosida ko'psonli gistogramma belgilari (statistik belgilar) olinadi, ulardan eng keng tarqalganlari quyida keltirilgan (6+11).

6. Tasvir energiyasi:

$$E = \sum_{j=1}^L p_j^2$$

7. Tasvir yorug'ligi o'rtacha qiymati - $f_{\bar{p}}$; $f_{\bar{p}} = 1/MN \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f_{ij}$, bu yerda N, M - tasvir o'lchami.

8. Tasvir yorug'lik dispersiyasi - $\sigma^2 = \sum_{j=1}^L (x_j - \sum_{i=1}^L x_i p_i)^2 p_i$, bu yerda L - maksimal yorug'lik darajasi, P_i - o'rtacha $|F - \mu|$ tasvirning yorug'lik taqsimoti gistogrammasi qiymati, μ - matematik kutilma.

9. Yorug'lik qiymatlari gistogrammasi asimmetriyasi:

$$A = \frac{\sum_{j=1}^L (x_j - \sum_{i=1}^L x_i p_i)^3 p_i}{\left(\sum_{j=1}^L (x_j - \sum_{i=1}^L x_i p_i)^2 p_i \right)^{3/2}}$$

10. Yorug'lik qiymatlari gistogrammasi eksnessi:

$$E_r = \frac{\sum_{i=1}^L (x_i - \sum_{j=1}^L x_j p_j)^2 p_i}{\left(\sum_{i=1}^L (x_i - \sum_{j=1}^L x_j p_j)^2 p_i \right)^{1/2}}$$

11. Tasvir entropiyasi:

$$H = - \sum_{i=1}^L p_i \log_2 p_i.$$

12. Ma'lum qiymatli nuqtalar juftliklari soni. Ularni hisoblash bir vaqtda paydo bo'lish matritsasini (BVPBM) hosil qiladi, bu matritsa asosida juftliklar taqsimotining ikki o'lchamli gistogrammasi tuziladi. Bu gistogramma qator belgilarini hisoblash imkonini beradi. Quyida ularni bazilari (13+21) keltirilgan.

13. BVPBM energiyasi:

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L [M_{ij}[r, \theta]]^2.$$

14. BVPBM avtokorrelyatsiya koefitsenti:

$$KA = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L ij M_{ij}[r, \theta], \text{ bu yerda } M_{ij}[r, \theta] - \text{VPBM elementlari.}$$

15. BVPBM kovariatsiya koefitsenti:

$$KK = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L (i - \mu)(j - \mu) M_{ij}[r, \theta], \text{ bu yerda } \mu - \text{matematik qutirma (BVPBM o'rtacha qiymati).}$$

16. Gistogramma inersiya momenti:

$$\mu = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L (i - j)^2 M_{ij}[r, \theta].$$

17. O'rtacha absolyut ayirma:

$$AP = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L |i - j| M_{ij}[r, \theta].$$

18. Teskari ayirma:

$$OP = \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L M_{ij}[r, \theta] / (1 + (i - j)^2).$$

19. BVPB entropiyasi:

$$H = - \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^L M_{ij}[r, \theta] \log_2 (M_{ij}[r, \theta]).$$

20. Tasvirning Fure spektri:

$$F(u, v) = \frac{1}{NM} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N F(m, n) \exp\left(\frac{12\pi(um + vn)}{MN}\right).$$

bu yerda $F(m, n)$ - tasvir elementlari.

21. Tasvirning Uolsh spektri:

$$Y(u, v) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N F(m, n) W_{u,v}(m, n);$$

Uolsh almashtirish matritsasi $W_{u,v}(m, n) = (-MxN)^{-1} \sum_{j=1}^{n-1} (m, n)_{m, j}^u (m, n)_j$ ko'rinishga ega. Bu yerda $(m, n)_{m, j}^u$ - funksiya nomerining aksiltartibli Grey kod raqamlari, $(m, n)_j$ - nuqta nomeri ikkilik kod raqamlari.

22. Tasvirning Adamar spektri:

$$A(u, v) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N F(m, n) HAD_{u,v}(m, n);$$

bunda $HAD_{u,v}(m, n) = 1 / MN(-1)^{\sum_{j=1}^{n-1} (m, n)_j^u (m, n)_j}$,

$(m, n)_j^u$ - Grey kodining (to'g'ri tartibli) raqamlari.

23. Uolsh - Adamar spektri (UAS) - $UA(u, v)$. Turli tipdagi

spektrlarni hisoblashning boshqa algoritmlari ham mavjud.

24. Qo'shni elementlar qiymatlari ayirmasi $-\Delta f = f_1 - f_2 - f_3 = f_1 - f_2$. Bu ayimani hisoblash manba tasvir belgilar: maksimal, minimal, o'rtacha yorug'liklar, gistogramma belgilari, spektrlar va hokazolarni aniqlash imkonini beruvchi tasvir hosil qiladi.

25. Ma'lum uzunlikli va yo'nalishli bir hil qiymatlardan tashkil topgan chiziqlar soni, ya'ni takrorlanishlar ketma-ketligi. Bu belgidan chiziqlar uzunliklari gistogrammasi tuzish va chiziqlarning statistik hususiyatlarini aniqlash mumkin.

Turli masalalarni yechish uchun zarur bo'lgan belgilarni aniqlovchi yana ko'plab usullar mavjud. Shuni aytib o'tish kerakki, belgilarni ko'pchiligi butun tasvirni emas, balki satr, ustun yoki biror bo'lak tahlili asosida aniqlanadi.

Nuqtaviy ob'ektlar belgilari

Nuqtaviy ob'ekt deb o'zaro bog'liq bo'lgan nuqtalarni soni 9 tadan oshmaydigan va mustaqil ahamiyatga ega qismlarga bo'linmaydigan ob'ektlarga aytiladi. Nuqtaviy ob'ekt (NO)larning belgilaridan kengroq qo'llaniladiganlari quyidagilar:

1. Alohida nuqtaning yorug'lik qiymati: f_{ij} .
2. NO o'rtacha yorulik qiymati:

$$f_{\text{ypp}} = \frac{1}{kl} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^l f_{i,j}$$

3. Tasvirdagi NO lar soni: n .
4. NO yuzasi - s . U NOdagi nuqtalar soniga teng.
5. Tasvirdagi NO larning umumiy yuzasi: $S = \sum_{j=1}^n s_j$
6. NO og'irlik markazi koordinatalari:

$$x_m = 1/s \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^l i \cdot f_{ij}, \quad y_m = 1/s \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^l j \cdot f_{ij}$$

bu yerda f_{ij} va s lar har bir ob'ektga alohida aniqlanadi.

7. Og'irlik markazidan koordinata markazigacha bo'lgan masofa:

$$r_1 = \sqrt{x_m^2 + y_m^2}$$

8. NOlar orasidagi masofa:

$$r_2 = \sqrt{(x_{m1} - x_{m2})^2 + (y_{m1} - y_{m2})^2}$$

9. NOlar yuzalari gistogrammasi. Bu gistogramma asosida tasvirda NOlarning bir qator statistik xususiyatlari aniqlanadi.

10. NOlar orasidagi masofalar gistogrammasi. Ularning "to'p-xossalarini aniqlash imkonini beradi.

11. Tasvirning NOlar bilan to'yinganligi: $A = \frac{S}{MN}$.

Bundan tashqari NO larning yana bir qancha inersiya momenti, tashqi chizilgan to'rtburchak o'lchamlari va boshqa belgilarini aniqlash mumkin.

O'z navbatida, NOli tasvirlarni manba tasvir deb qarab, unda tasvirga xos belgilarni xam ajratish mumkin.

Uzluq chiziqli ob'ektlarning belgilari

Bu yerda uzluksiz chiziqlarning uzluksiz diskret ko'rinishi bo'lgan bitta nuqta qalinlikdagi chiziqlar ko'riladi. Odatda, bunday ob'ektlar tasvirlar binar bo'ladi. Shuning uchun quyida tasvirdagi bir qalinlikdagi qora (ob'ekt) nuqtalar muhokama etiladi va ularning belgilari asosan geometrik xususiyatlarini ifodalaydi. Bu belgilardan ko'proq foydalaniladiganlari quyidagilardir:

1. Birinchi tartibli tugun nuqtalari soni - k_1 . Bu tugunlar chiziqning chetki (boshlang'ich va oxirgi) nuqtalaridir.
2. Uchinechi tartibli tugun nuqtalari soni - k_3 . Bu T yoki Y ko'rinishidagi uchtali shohlash nuqtalaridir.
3. To'rtinchi tartibli shohlash nuqtalari - k_4 . Bu ikki chiziqning o'zaro kesishish nuqtalaridir.
4. Chiziq uzunligi - L . U chiziq nuqtalari soniga proporsional;
5. Chiziq soni - n .
6. Barcha chiziqlarning umumiy uzunlikligi: $L = \sum_{i=1}^n l_i$.

7. Chiziqning (i, j) nuqtadagi egriligi $r_{ij} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta d}$.

Bu yerda $\Delta\varphi$ -chiziqning shu nuqtada o'zgarish burchagi, Δd - egri chiziq uzunligi.

8. Chiziqning burilishlar soni - α .

9. Chiziqning mahalliy maksimumlari soni - β .

10. Chiziqning mahalliy minimumlari soni - τ .

11. x o'qidagi chiziqning proeksiya uzunligi $l^x = |x_{\max} - x_{\min}|$

Bu yerda x_{\max}, x_{\min} - x chiziq elementlari koordinatasining ekstremal qiymatlari.

12. y o'qidagi chiziqning proeksiya uzunligi $l^y = |y_{\max} - y_{\min}|$.

Bu yerda y_{\max}, y_{\min} - chiziqning eng katta va eng kichik ordinalari.

13. Tasvirning chiziqdagi to'yinganligi $B = \frac{L}{MN}$.

14. Chiziqning chetki nuqtalari orasidagi eng qisqa masofa - r . Ikki nuqta orasidagi masofa ifodasidan aniqlanadi.

15. Chiziq uchlari orasidagi masofaning chiziq uzunligiga nisbati: $R = r/l$.

16. Chiziqning absissaga proeksiyasi uzunligining chiziq uzunligiga nisbati: $D^x = l^x/l$.

17. Chiziqning ordinata proeksiyasi uzunligining chiziq uzunligiga nisbati $D^y = l^y/l$.

Belgilarni sanashni uzoq davom ettirish mumkin. Ular uzunliklar va egriliklar gistogrammalari asosida aniqlanadigan belgilar, 1,3,4-tartibli tugunlarning chiziq uzunliklariga yoki soniga nisbatlari, lokal ekstremumlar nisbatlari va shunga o'xshash boshqa belgilardir.

Yopiq chizikli ob'ektlarning belgilari

Bu yerda ham uzoq chizikli ob'ektlarga aytilgan gaplar o'rinni. Farqi - chiziqning uchlari tutashganligidan va qo'shimcha belgilarning mavjudligidandir. Shuning uchun faqat qo'shimcha belgilarni muhokama qilamiz.

1. Ob'ektlarning ichma-ich tartibi - V .

2. Ob'ektlarning markaz koordinatalari:

$$X_m = 1/S \sum_i \sum_j i \cdot f_{ij}, \quad Y_m = 1/S \sum_i \sum_j j \cdot f_{ij}.$$

3. Ob'ekt markazlari orasidagi masofa:

$$R_{kl} = \sqrt{(x_{kl} - x_{mn})^2 + (y_{kl} - y_{mn})^2}$$

4. Tashqi chizilgan to'rtburchak o'lchamlari:

$$a = |x_{\max} - x_{\min}| \cos \alpha, \quad b = |y_{\max} - y_{\min}| \cos \alpha.$$

5. Ob'ekt markazi va koordinata boshi orasidagi masofa:

$$r = \sqrt{x_m^2 + y_m^2}.$$

6. Ob'ektlarni xo'qiga nisbatan inersiya momenti:

$$\mu^x = \sum_i \sum_j f_{ij} (i - x_m)^2$$

7. Ob'ektlarni yo'qiga nisbatan inersiya momenti:

$$\mu^y = \sum_i \sum_j f_{ij} (j - y_m)^2$$

8. Ob'ektlarning aralash inersiya momenti:

$$\mu^{xy} = \sum_i \sum_j f_{ij} (i - x_m)(j - y_m)$$

9. Ob'ektlarning asosiy inersiya momenti:

$$M_{L2} = \frac{\mu^x + \mu^y}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4}(\mu^x - \mu^y)^2 + (\mu^{xy})^2}.$$

10. Ob'ektlarni katta o'qi uzunligi (Martin diametri): $O_1 = \max(dF_j)$, bu

yerda dF_j - Fere diametri.

11. Ob'ektning kichik o'qi uzunligi (Martini eni): $O_2 = \min(dF_j)$.

12. Ob'ekt eksentrisiteti:

$$e = \sqrt{\frac{(I \cdot \varepsilon_1)}{(I \cdot \varepsilon_2)}}$$

Bu yerda $\varepsilon_1(\cos^2 \alpha, \sin^2 \alpha, -\sin^2 \alpha)$, $\varepsilon_2(\sin^2 \alpha, \cos^2 \alpha, \sin^2 \alpha)$ belgisi koordinatali vektorlarning skalyar ko'paytmasi belgisi, α - ob'ektning og'ish burchagi.

13. Ob'ekt yumaloqligi: $Q = \frac{P^2}{4\pi S}$, bu yerda P - perimetr, S - ob'ekt yuzasi.

14. Fere diametri: $F = P_0 / \pi$, bu yerda P_0 - ob'ektga tashqi chizilgan eng kichik qavariq chiziqning perimetri;

15. Ob'ekt chizig'ining bo'laklanganlik darajasi: $l = \frac{n}{S}$, bu yerda n - tasvirdagi chiziq soni.

16. Ob'ektning kvadratga moslik koefitsenti: $J = \frac{P}{4H}$, bu yerda P - perimetr, H - ob'ektning Martin eni.

17. Ob'ekt chiziqlarining spirallik darajasi: $C = \frac{P}{2L}$, bu yerda L - ob'ektning Martin diametri.

Yuzali ob'ektlarning belgilari

Elementlari soni to'qqizdan oshiq bo'lgan va mustaqil qismlarga ajratish mumkin bo'lgan ob'ektlarga yuzali ob'ektlar deyiladi. Ularning belgilarini aniqlash uchun manba tasvir belgilarini aniqlash algoritmlaridan foydalanish mumkin, chunki har bir ob'ektga tasvir yoki uning fragmenti deb qarash mumkin. Demak, quyida manba tasvimikidan farqli belgilarni muhokama qilamiz.

1. Ob'ekt yuzasi - s , uning elementlar soniga teng.
2. Ob'ektdagi teshiklar soni - d ;
3. Ob'ektdagi teshik yuzasi s^d . Teshik yuzasidagi nuqtalar soniga teng.

4. Ob'ektning umumiy maydoni: $q = s + \sum_{i=1}^d s_i^d$.

5. Tasvirdagi ob'ektlar soni - n .

6. Barcha ob'ektlarning yig'indi yuzasi: $S = \sum_{j=1}^n q_j$.

7. Ob'ekt ilma teshikligi: $u = d/q$.
8. Tasvirning ob'ektlarga to'yinganligi: $v = \frac{s}{MN}$.
9. Ob'ekt og'irlik markazi koordinatalari: $x_m = 1/s \sum_i f_i \cdot x_i$, $y_m = 1/s \sum_j f_j \cdot y_j$.

10. Absissa o'qiga nisbatan inersiya momenti:

$$\mu^x = \sum_i \sum_j f_{ij} (i - x_m)^2.$$

11. Ordinata o'qiga nisbatan inersiya momenti:

$$\mu^y = \sum_i \sum_j f_{ij} (j - y_m)^2.$$

12. Aralash inersiya momenti

$$\mu^{xy} = \sum_i \sum_j f_{ij} (i - x_m)(j - y_m).$$

13. Inersiya bosh momentlari:

$$M_{1,2} = \frac{\mu^x + \mu^y}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4}(\mu^x - \mu^y)^2 + (\mu^{xy})^2}.$$

Yuzali ob'ektlar uchun aytib o'tilganlardan tashqari Eyler soni, ob'ektlarning ichma-ichligi, ob'ektlar orasidagi masofa, ob'ekt qobig'i parametri va yuzasi kabi ko'plab belgilarni aniqlash mumkin. Agar yuzali ob'ektlarning konturi olinsa, yopiq chiziqli ob'ektlarga ega bo'lamiz, natijada yuqoridagi muxokamalar ham yuzali ob'ektlar uchun o'rinni bo'ladi.

Momentlar

Tasvir belgilarini aniqlash va ularni taqqoslashda momentlardan keng foydalaniladi. **Moment** quyidagicha hisoblanadi.

$$\mu_m = \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^n x^p y^q f(x, y)$$

Bu yerda $f(x, y)$ - tasvirning x, y - koordinatasidagi piksel qiymati. n - tasvir o'lchami (eni va bo'yi).

Ko'pincha p va q lar 0 dan 3 darajagacha bo'ladi. Ba'zi momentlarning o'z ma'nosi bor. Masalan:

1. Agar $p, q = 0$ bo'lsa - energiya yoki nolinch darajali moment deb ataladi va bu holda $f(x, y)$ bo'yicha summa aniqlanadi.
2. Agar $p=1, q=0$ yoki $p=0, q=1$ bo'lsa, birinchi darajali momentlar deb ataladi. Birinchi darajali momentlar orqali og'irlik markazini aniqlash mumkin, ya'ni:

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}}, \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}}$$

yoki bu quyidagi bilan teng kuchli

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$$

3. Agar $p=2, q=0$ yoki $p=0, q=2$ bo'lsa - inersiya momenti yoki ikkinchi darajali moment deb ataladi. U asosiy inersiya o'qini aniqlaydi. O'z navbatida ushbu momentlardan foydalanib, asosiy o'qning og'ish burchagini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctg \frac{2\mu_{11}}{\mu_{20} - \mu_{02}}$$



Tasvirdagi ob'ektning siljishiga nisbatan invariantlikni saqlash maqsadida **markaziy moment**dan foydalaniladi va u quyidagicha hisoblanadi:

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p \cdot (y - \bar{y})^q f(x, y)$$

U holda tasvirning burilishiga, siljishiga va oyna (zerkalnoy) ko'rinishiga invariant momentlarni quyidagicha hisoblash mumkin:

$$\Phi_0 = \mu_{20} + \mu_{02}$$

$$\Phi_1 = (\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2$$

$$\Phi_2 = (\mu_{30} - 3\mu_{12})^2 + (3\mu_{21} - \mu_{03})^2$$

$$\Phi_3 = (\mu_{30} + \mu_{12})^2 + (\mu_{21} + \mu_{03})^2$$

$$\Phi_4 = (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{30} + \mu_{12})(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2 +$$

$$+ (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{21} + \mu_{03})[3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2]$$

$$\Phi_5 = (\mu_{30} - \mu_{02})[(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2] + 4\mu_{11}(\mu_{30} + \mu_{12})(\mu_{21} + \mu_{03})$$

$$\Phi_6 = (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{30} - \mu_{12})[(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2] -$$

$$- (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{21} + \mu_{03})[3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2]$$

Affin almashtirishlarga, xususan masshtablashga nisbatan invariant momentlarni esa, quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{(\mu_{00})^\gamma}, \quad \text{bu yerda } \gamma = \frac{p+q}{2} + 1.$$

Bu formula darajalar $p+q \geq 2$ bo'lgan holat uchun o'rinalidir.

U holda, tasvirning joylashuvi, masshtabi va orientatsiyasiga nisbatan invariant momentlar quyidagicha hisoblanadi:

$$\begin{aligned}
M_1 &= \eta_{20} + \eta_{02}, \\
M_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2, \\
M_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2, \\
M_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2, \\
M_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\
&+ (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2], \\
M_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}), \\
M_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} - \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] - \\
&- (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2].
\end{aligned}$$

6.4. Tasvirlarning identifikatsion belgilarni aniqlash usullari va algoritmlari

Xaf almashtirishlari yordamida belgilarni aniqlash.

Xaf almashtirishlari orqali biz binar (ok-kora) tasvirda parametrlari egri chiziqlarni topishimiz mumkin. Masalan, to'g'ri chiziq, aylana, ellips va h.k. Binar tasvirlarda ikki xil turdagi ranglar katnashadi, bular – fon (oq) va ob'ekt (qora) ranglaridir.

Usulning asosiy g'oyasi. Xaf almashtirishining asosiy g'oyasi - bu qaralayotgan nuqtalarga yetarlicha katta miqdorda mos tushuvchi yoki shu nuqtalar orqali o'tuvchi egri chiziqlarni izlashdir. Tekislikda parametrlari tenglama orqali berilgan egri chiziqlar oilasini quyidagicha ifodalaymiz:

$$F(a_1, a_2, \dots, a_n, x, y) = 0;$$

bu yerda F – biror funksiya, a_1, a_2, \dots, a_n – egri chiziqlar oilasiga mansub parametrlar, x, y – tekislikdagi koordinatalar. Egri chiziqlar oilasiga mansub parametrlar boshqa bir fazoni tashkil qiladi. Bunda xar bir nuqta a_1, a_2, \dots, a_n kabi aniq parametrlar orqali biror egri chiziqqa mos tushadi.

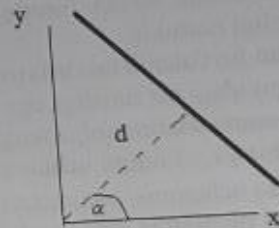
Fazoda hech bo'lmaganda bitta egri chiziq yotuvchi katakchaga tasvirda qaralayotgan nuqtalar sonini ko'rsatuvchi miqdor (xisoblagich)

qo'yish mumkin. Katakchadagi xisoblagichni tekshirib, unga eng ko'p mos tushgan nuqtalarni, ya'ni egri chiziqlarni topish mumkin.
Misol: Tasvirda to'g'ri chiziqni topish. Ma'lumki, tekislikdagi to'g'ri chiziqni quyidagi formula yordamida ko'rsatish mumkin (6.16-rasm).

$$x \cdot \cos \alpha + y \cdot \sin \alpha = d,$$

bu yerda d – koordinatalar boshidan to'g'ri chiziqqa o'tkazilgan perpendikulyarning uzunligi, α – OX o'qi bilan to'g'ri chiziqqa o'tkazilgan perpendikulyar orasidagi burchak bo'lib, u radianda beriladi ($0 < \alpha < 2\pi$). Shunday qilib, to'g'ri chiziqlar oilasini ifodalovchi funksiya quyidagi ko'rinishga ega:

$$F(d, \alpha, x, y) = x \cdot \cos \alpha + y \cdot \sin \alpha - d$$



6.16-rasm. To'g'ri chiziqni parametrlari ko'rinishi.

Tasvirning har bir x, y nuqtasi orqali turli d va α parametrlari bilan berilgan bir necha to'g'ri chiziqlar o'tkazish mumkin (6.17-rasm). Boshqacha aytganda tasvirning har bir (x, y) nuqtasiga (d, α) fazosidagi sinusoidani tashkil qiluvchi nuqtalar to'plami mos keladi (6.18-rasm). O'z navbatida (d, α) fazosidagi xar bir nuqta tasvirdagi to'g'ri chiziqni tashkil qiluvchi nuqtalar to'plamiga mos keladi. (d, α) fazosining xar bir (d_0, α_0) nuqtasiga $x \cdot \cos \alpha_0 + y \cdot \sin \alpha_0 = d_0$ to'g'ri chiziqda yotuvchi (x, y) nuqtalar soniga mos parametrlarni qiymatini qo'yish mumkin.

Boshlang'ich va kompyuterdagi ma'lumotlarni tasvirlashning diskretligini xisobga olgan holda uzluksiz (d, α) fazoni diskret fazoga

almashtirish kerak. Shuning uchun (d, α) fazosini to'g'ri to'rtburchaklarga bo'lamiz. Fazoning har bir katakchasi d va α ning yaqin qiymatlariga ega bo'lgan to'g'ri chiziqlar to'plamiga mos keladi. Endi fazoning xar bir katakchasiga mos keluvchi quyidagi parametrlarni kiritamiz:

$$[d_i, d_{i+1}] \times [\alpha_i, \alpha_{i+1}].$$

Katakchaga mos nuqtalar soni bo'lib, ular quyidagi tenglamani qanoatlantiradi:

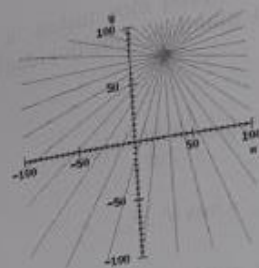
$$x \cdot \cos \alpha + y \cdot \sin \alpha = d, \text{ bu yerda } \alpha_i \leq \alpha \leq \alpha_{i+1}, d_i \leq d \leq d_{i+1}.$$

Katakchalar o'lchamini tashlashda quyidagilarni xisobga olish zarur.

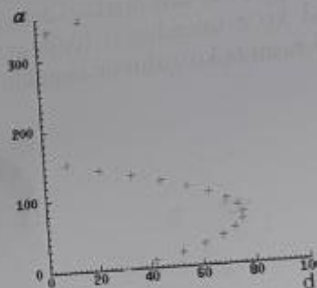
1. Agar katakcha juda katta bo'lsa, u xolda «to'g'ri chiziq» sifatida bir-biridan yetarlicha uzoqda yotgan nuqtalar to'plamini qabul qilish mumkin.
2. Agar katakchalar juda kichik bo'lsa, birorta xam to'g'ri chiziqni topish imkoniyati bo'lmasligi mumkin.

Xaf almashtirishlaridan foydalanib tasvirda to'g'ri chiziqni qidirish algoritmi umumiy xolda quyidagi ko'rinishga ega.

- 1) Hamma katakchalar parametrlarini nolga tenglaymiz.
- 2) Tekshirilayotgan har bir (x, y) nuqta uchun va berilgan nuqtadan o'tuvchi har bir to'g'ri chiziq uchun mos parametrlar qiymatini oshirish.
- 3) Parametrlarni maksimal qiymatiga mos katakchalarni tanlash.
- 4) Eng ko'p nuqtalardan o'tgan to'g'ri chiziqning parametrlarini (d, α) fazosidagi katakchalarning markaz koordinatasiga teng qilib tanlash.



6.17-rasm. Bitta nuqtadan bir nechta to'g'ri chiziq o'tkazish.



6.18-rasm. Sinusoyda.

Agar bir nechta to'g'ri chiziqlarni tanlash zarur bo'lsa, u xolda berilgan to'g'ri chiziqqa tegishli nuqtalar sonini ko'rsatuvchi parametrlarni qiymatini kamayish bo'yicha tartiblash yoki (d, α) fazosidagi lokal minimumlarni ko'rib chiqish zarur.

Faraz qilaylik, bizga yuz tasvirida aylana shakliga yaqin bo'lgan ko'z qorachig'ini aniqlash masalasi qo'yilgan. U holda Xaf almashtirishlari yordamida odamning ko'z qorachig'i joylashgan koordinatani aniqlashning bir algoritmi quyidagicha bo'lishi mumkin.

Dastlab, tasvirda yuz sohasi aniqlanadi va bu soha binar tasvirga o'tkaziladi. Bizga ma'lumki, ko'z qorachig'ining chegaraviy kontur chizig'i geometrik shakllardan aylanaga ko'proq mos tushadi. Demak, biz aylana shaklini Xaf almashtirish yordamida izlashimiz mumkin. Agar tanlangan ob'ektda biror $P(x, y)$ ichki nuqta uchun R radiusda aylana chizilsa va bu aylana chegarasi ob'ektning chegaraviy

nuqtalariga foiz hisobida ko'proq mos tushsa, u holda shu nuqtani aylana markazi deb olish mumkin. Uni quyidagi formula bo'yicha ifodalash mumkin.

$$P_{x,y} = \frac{L_{border}}{2\pi R} \cdot 100,$$

$$P_{border} = \max\{P_1, P_2, \dots, P_n\}.$$

bu yerda R - qidirilayotgan aylana radiusi, L_{border} - aylanaga mos tushuvchi mavjud chegara nuqtalari soni (uzunligi).

Bunda natijaning yetarlicha katta bo'lsa (masalan, $P > 80$), u holda qaralayotgan nuqtani R radiusli aylana markazi deb olsa bo'ladi. Ya'ni, shu joyda aylana (yoki ko'z qorachig'i) topilgan deb hisoblanadi. Algoritm natijasini 6.19-rasmda ko'rishimiz mumkin.



6.19-rasm. Ajratiib olingan yuz tasviri (a), uni binarlashtirish natijasi (b) hamda Xaf almashtirishi yordamida aniqlangan ko'zlar koordinatalari (c).

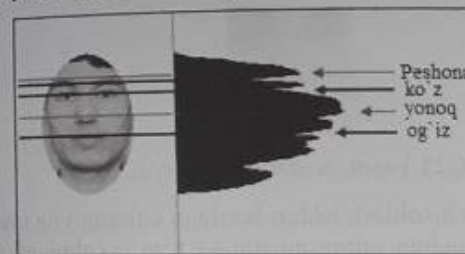
Integral proeksiyalash yordamida belgilarni aniqlash.

Tasvirning integral proeksiyasi deganda tasvirda vertikal va gorizontal o'qlar bo'yicha piksellar rang qiymatlari summasi yoki o'rtachasi tushuniladi. Uni quyidagi formula bo'yicha ifodalash mumkin:

$$GP(y) = \sum I(y), \quad VP(x) = \sum I(x).$$

Masalan, gorizontal o'q bo'yicha olsak, dastlab 1-qatordagi piksellar, keyin 2-qatordagilar va h.k., oxirida h -qatordagi piksellarning qiymatlari yig'iladi. Xuddi shu jarayon vertikal o'qlar bo'yicha, ya'ni tasvirning 1-dan w -gacha bo'lgan ustunlari uchun ham bajariladi. Natijada gorizontal bo'yicha h ta va vertikal bo'yicha w ta qiymat elementlaridan iborat massiv paydo bo'ladi. Massiv qiymatlarini chiziqalarda ifodalangan tasvirini 6.20-rasmda ko'rishimiz mumkin. Bunda faqat gorizontal integral proeksiya qurilgan. Massiv qiymatlari tasvirdagi ob'ekt xususiyatlarini aniqlashda juda qo'l keladi. Rasmdan ko'rinib turibdiki, tasvirdagi ob'ektning (bizning misolda yuz tasviri) ma'lum bir belgilari (rasmda ko'z, qosh, burun va og'iz joylashgan qatorlar) ekstremal qiymatlarga, ya'ni maksimum yoki minimumlarga erishgan. Bu qiymatlar yordamida biz tasvirdan izlayotgan ob'ektlarni topishimiz mumkin bo'ladi.

Integral proeksiyalardan boshqa turdagi tasvirlarni tahlil qilishda ham foydalanish mumkin. Bu usuldan ko'plab ilmiy-amaliy masalalarni yechishda muvoffaqiyatli foydalanib kelinmoqda.



6.20-rasm. Yuz tasvirining gorizontal integral proeksiyalari.

Tasvirda belgilarni izlab topishning yana boshqa usullari ham mavjud. Xususan, korrelyatsion tahlil asosida ham tasvirda bizni qiziqirgan ob'ektni izlab topish mumkin. Bu usul anchayin ishonchli hisoblanadi va shuning uchun ham uning amaliyotda samarali foydalanib kelinayotganligini kuzatishimiz mumkin. Korrelyatsiya koeffitsientlarini hisoblash orqali nafaqat tasvirda ob'ektni izlab topish, balki ob'ektlarni (tasvirlarni) o'zaro o'xshashligini taqqoslashda ham foydalanish mumkin. Korrelyatsiya koeffitsientlarini hisoblash formulalari bilan keyingi bo'limlarda batafsil to'xtalamiz.

Tasvirda belgilarni izlab topishda ma'lum bir usullar bilan chegaralanib qolinmaydi. Ba'zan shunday masalalar uchraydiki, ularni hal etishda standart usullar ish bermay qolishi mumkin. Bunday paytlarda mavjud usullardan hamda o'z ijod mahsulimiz - yangi usul va algoritmlar kombinatsiyalaridan samarali foydalanish talab etiladi.

“Lokal binar obrazlar” operatori asosida tasvir belgilarini aniqlash

Olimlar dastlab “Lokal binar obrazlar” (LBO) operatoridan teksturalarni tahlil qilishda foydalanishgan. Keyinroq esa, uni yuz tasviri uchun qo'llab ko'rishgan. Hozirgi kunga qadar LBOning bir nechta variantlari ishlab chiqilgan. Bu yo'nalishda chop etilgan ilmiy maqolalarni tahlil qilib aytish mumkinki, LBO operatori tasvirlarning, xususan yuz tasvirlarining belgilar fazosini ishonchli aniqlay oladi.

Faraz qilaylik, bizda ajratib olingan $w \times h$ o'lchamli kulrang yuz tasviri (rang qiymatlari 0 dan 255 oralig'ida) mavjud (6.21-rasm).



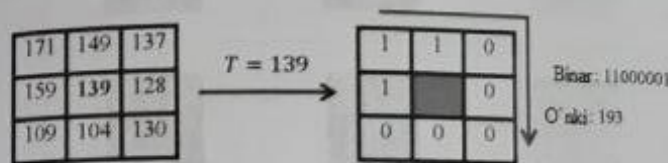
6.21-rasm. Kulrang yuz tasviri.

LBO operatorida hisoblash ishlari berilgan kulrang yuz tasvirining har bir koordinatasi uchun uning atrofidagi 8 ta qo'shni piksel rang qiymatlarini hisobga olgan holda amalga oshiriladi.

G'oya shunday: 3×3 o'lchamli oynada markaziy qiymatni bo'sag'a qiymati (T) sifatida olinadi. Keyin, 8 ta atrofdagi qo'shni rang qiymatlari T bilan taqqoslanadi. Agar qaralayotgan qo'shni rang qiymati T dan katta bo'lsa, unga “1” qiymati, aks holda esa, “0” qiymati beriladi. Xuddi shu tarzda barcha 8 ta qo'shnilar ham taqqoslanadi. Natijada “0” va “1” lardan iborat 8 ta ikkilik raqamlar paydo bo'ladi. Shundan so'ng, birlashtirilgan 8 ta raqamdan iborat ikkilik sonni o'nlikka o'tkaziladi (6.22-rasm). Kulrang tasvir matritsa qiymatlarini LBO operatori yordamida almashtirish quyidagi formula yordamida amalga oshiriladi.

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{n=0}^7 S(i_n - i_c) \cdot 2^n ; \quad S(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$$

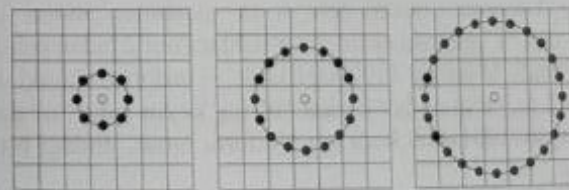
Bu yerda x_c, y_c - ishchi oyna (3×3) markazi koordinatasi; i_c - oyna markazidagi piksel rang qiymati; i_n - oyna atrofidagi 8 ta qo'shni piksellar rang qiymati.



6.22-rasm. LBO operatorining umumiy sxemasi.








Ta'kidlash kerakki, biz yuqorida ko'rgan LBO operatori 3×3 o'lchamli oyna uchun, ya'ni 1 radiusli va 8 ta qo'shnili oyna uchun mo'ljallangan. Radius va qo'shnilar qiymati o'zgargan holatlar uchun ham LBO ni hisoblash mumkin. 6.23-rasmda 1, 2 va 3 radiusli ishchi oynalarni ko'rishimiz mumkin. Bunda ko'rish mumkinki, radiuslar ortishi bilan qo'shni nuqtalar soni ham ortib boradi.

LBO operatori yordamida yuz tasvirini kodlashtirish natijalaridan namunalarni 6.1-jadvalda ko'rishimiz mumkin.



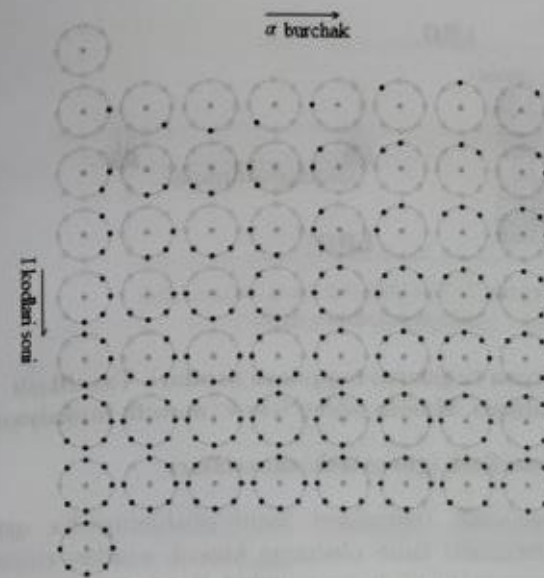
6.23-rasm. 1, 2 va 3 radiusli ishchi oynalar.

6.1-jadval. 1 va 2 radiusli LBO natijalari.

Kulrang yuz tasviri	1 radiusli LBO	2 radiusli LBO
		
		
		

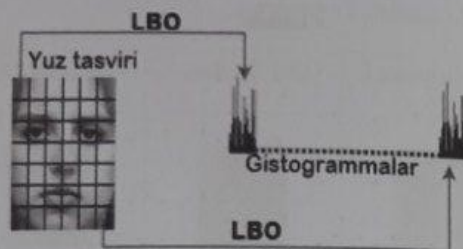
Shuningdek, tadqiqotchilar ishchi oynadagi binar qiymatli obrazlarni turlarga ajratishgan. Tasvirdagi muhim belgilarni ajratish uchun "Tekis yo'nalgan" (Uniform) obrazlardan foydalaniladi. "Uniform" obraz deb, 8 ta raqamdan iborat ikkilik kodlarda "0" dan "1" ga yoki aksincha o'tishlar soni 2 tadan oshmagan holatlarga aytiladi. Masalan, 11000001 kodi - Uniform, chunki undagi o'tishlar soni 2 ta, ya'ni unda "1" dan "0" ga, keyin yana "0" dan "1" ga o'tish mavjud. 10011000 kodi esa Uniform emas, undagi o'tishlar soni 3 ga teng.

6.24-rasmda "Tekis yo'nalgan" 58 ta obrazlar keltirilgan. Unda ikkilik kodning "1" raqami miqdori hamda ularning qanday burchak ostida joylashganligini ko'rishimiz mumkin.



6.24-rasm. "Tekis yo'nalgan" (Uniform) 58 ta obrazlar.

LBO belgilar fazosini shakllantirish LBOga almashtirilgan tasvir matritsasi uchun gistogrammalar qurish orqali amalga oshiriladi. Ko'pincha LBO tasvir matritsasi bir nechta bo'laklarga ajratiladi va har bir bo'lak uchun gistogrammalar quriladi. Masalan, yuz tasvirini 7×7 o'lchamda bo'laklab olish va 49 ta tasvir bo'lagi uchun alohida LBOlarni hisoblash hamda ular asosida belgilar vektorini qurish mumkin (6.25-rasm).



6.25-rasm. 7×7 bo'lakli yuz tasviri uchun LBO gistogrammalarni qurish.

6.5. Identifikatsion belgilarni taqqolash usullari. Tasniflash (guruxlash) masalalari. Masofa tipli o'lchov (masofa funksiyasi)

Tasniflash (guruxlash) masalalari.

Belgilarni taqqoslash (obrazlarni tanib olish)ning bir qator usullari mavjud. Obrazlarni tanib olishning klassik usullari sifatida klaster tahlil (klaster-analiz)ni olishimiz mumkin. Klaster tahlil usullari yordamida ko'plab ob'ektlarni bo'laklarga ajratish (tasniflash, klasterlash, guruhlash) masalasi hal etiladi. U shunday amalga oshiriladiki, unda bir klasterga tegishli ob'ektlar boshqa klasterdagi ob'ektlarga nisbatan bir-biriga o'xshashroq bo'lishi ta'minlanadi.

Klaster tahlil uchun farqlash (taqqoslash) o'lchovlari quyidagi ko'rinishlarda bo'lishi mumkin:

- masofa tipli o'lchov (masofa funksiyasi). Bunda ob'ektlar orasida masofa qanchalik kichik bo'lsa, ular shunchalik o'xshash deb hisoblanadi. Shuning uchun bir qator mualliflar bu tipdagi o'xshashlik o'lchovini farqlash o'lchovi deb ham atashadi.
- ob'ektlarni o'xshashligini aniqlaydigan o'zaro bog'liqlik deb ataluvchi korrelyatsiya tipidagi o'lchov (o'xshashlik o'lchovi). Bu holatda ob'ektlar orasidagi bog'liqlik qanchalik katta bo'lsa, ular shunchalik o'xshash deb hisoblanadi.

Masofa tipli o'lchov funksiyalari

Minkovskiy metrikasi (o'lchovi). Eng umumiy o'lchov Minkovskiy metrikasi hisoblanadi va u quyidagi ko'rinishga ega:

$$d_y = \sqrt[r]{\sum_{k=1}^n |x_k - x_k|^r}$$

$r=1$ bo'lgan holatda Minkovskiy metrikasi **Manxetten masofasini** (city block, Manhattan distance) beradi, ya'ni:

$$d_y = \sum_{k=1}^n |x_k - x_k|$$

Agar Minkovskiy metrikasida $r=2$ qo'yilsa, standart **Yevklid masofasiga** ega bo'lamiz:

$$d_y = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_k - x_k)^2}$$

Agar $r \rightarrow \infty$ bo'lsa, Minkovskiy metrikasi **ustunlik metrikasini** (yoki Chebyshev masofasini) beradi:

$$d_y = \max_k |x_k - x_k|, \quad k=1,2,\dots,n,$$

bu esa, **supremum-norma** (∞ -norma) bilan mos keladi, ya'ni:

$$d_y = \sup \{|x_k - x_k|\}, \quad k=1,2,\dots,n.$$

Kanber masofasi esa, quyidagicha hisoblanadi:

$$d_y = \sum_{k=1}^n \frac{|x_k - x_k|}{|x_k + x_k|}$$

Pirson masofasi quyidagicha hisoblanadi:

$$d_{\text{Pirson}}(x, y) = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{N}}{\sqrt{\left(\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{N}\right) \left(\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{N}\right)}}$$

6.6. Identifikatsion belgilarni taqqolash usullari. Korrelyatsiya tipidagi o'lxov (o'xshashlik o'lchovi). Gistogrammaviy belgilarni taqqolash usullari

Korrelyatsiya koeffitsientlari yordamida to'plam yoki matritsalarini o'xshashligini taqqolash

Ikki haqiqiy sonlar to'plamining korrelyatsiya koeffitsienti (KK)ni hisoblashda qo'llaniladigan formulalarini keltiramiz.

Aytaylik, $X = \{x_i\}_{i=1}^N$ va $Y = \{y_i\}_{i=1}^N$ ($i = \overline{1, N}$) haqiqiy sonlar to'plamlari berilgan bo'lsin. Bu to'plamlar uchun matematik kutilmani aniqlaymiz:

$$MX = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i, \quad MY = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i.$$

Shundan so'ng matematik kutilmasi nolga teng bo'lgan yangi \bar{X}, \bar{Y} to'plamlarni hosil qilamiz:

$$\bar{X}_i = (x_i - MX), \quad \bar{Y}_i = (y_i - MY).$$

\bar{X}, \bar{Y} to'plamlar uchun korrelyatsion funksiyaning diskret formulasi yoki KK quyidagicha ko'rinishga ega bo'ladi:

$$Cor_{cc} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{X}_i \cdot \bar{Y}_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \bar{X}_i^2 \cdot \sum_{i=1}^N \bar{Y}_i^2}}.$$

Agar massiv elementlari $\{A_j\}_{j=1}^M$ va $\{B_j\}_{j=1}^M$ ko'rinishidagi matritsani tashkil etsa, u holda KK quyidagicha hisoblanadi:

$$Cor_{ms} = \frac{\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N \bar{A}_j \cdot \bar{B}_j}{\sqrt{\left(\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N \bar{A}_j^2\right) \cdot \left(\sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N \bar{B}_j^2\right)}}.$$

bu yerda

$$\bar{A}_j = \left\{ (A_j - MA) \right\}_{i=1, N}^{i=1, M}, \quad \bar{B}_j = \left\{ (B_j - MB) \right\}_{i=1, N}^{i=1, M},$$

$$MA = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N x_{ij}, \quad MB = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N y_{ij}.$$

Korrelyatsiya natijasi -1 va +1 oralig'ida bo'ladi. Natijaning yetarlicha katta bo'lishi, ya'ni +1 ga yaqin kelishi taqqoslanayotgan vektor yoki matritsalarini o'xshashligidan dalolat beradi.

Gistogrammaviy belgilarni taqqolash usullari

Gistogrammalarni taqqolash uchun bir qator usullardan foydalanish mumkin. Masalan, Korrelyatsiya (Correlation), Kesishma (Intersection), Bxattachariya masofasi (Bhattacharyya distance), Xi-kvadrat (Chi-Square) va h.k. Ular bilan quyida tanishamiz. Gistogrammalarni taqqolashning **Korrelyatsiya** usuli:

$$d_{corr}(H_1, H_2) = \frac{\sum_i H_1(i) \cdot H_2(i)}{\sqrt{\sum_i H_1^2(i) \cdot H_2^2(i)}},$$

bu yerda $H_i(i) = H_i(i) - (1/N) \left(\sum_j H_i(j) \right)$, N - gistogrammada shkala (ustun)lar soni.

Korrelyatsiya natijasi -1 va +1 oralig'ida bo'ladi. Natijaning yetarlicha katta bo'lishi ($d_{corr} > T$), ya'ni +1 ga yaqin kelishi taqqoslanayotgan gistogrammalarni o'xshashligidan dalolat beradi.

Gistogrammalarni taqqolashning **Kesishma** usuli:

$$d_{intersec}(H_1, H_2) = \sum_i \min(H_1(i), H_2(i)).$$

Bu usulda hisoblash ishlari tezkor. Agar har ikkala gistogramma 1 ga normallashtirilsa, to'liq mos tushish (o'xshash) 1 ga, mos tushmaslik esa 0 ga teng bo'ladi.

Bxattachariya masofasi bo'yicha gistogrammalarni taqqolash quyidagicha bo'ladi:

$$d_{\text{max}}(H_1, H_2) = \sqrt{1 - \frac{\sum_i \sqrt{H_1(i) \cdot H_2(i)}}{\sqrt{\sum_i H_1(i) \cdot \sum_i H_2(i)}}}$$

Agar gistogrammalar aynan o'xshash bo'lsa, Bxattachariya masofasi 0 ga teng bo'ladi.

Gistogrammalarni taqqoslashning *Xi-kvadrat* usuli esa, quyidagicha:

$$d_{\text{chi}}(H_1, H_2) = \sum_i \frac{(H_1(i) - H_2(i))^2}{H_1(i) + H_2(i)}$$

Bu usulda ham agar gistogrammalar aynan o'xshash bo'lsa, natija 0 ga teng bo'ladi.

6 bob bo'yicha nazorat savollari

1. Fure qatorining qanday xossalarini bilasiz?
2. Fure almashtirishlar deganda nimani tushunasiz?
3. Fure diskret almashtirishi (FDA) va teskari FDA nima maqsadda ishlatiladi?
4. Diskret kosinus almashtirishi (DKA) qanday afzalliklarga ega?
5. Uolsh almashtirishi va DKAlar farqli jihatlarini sanab bering.
6. Adamar almashtirishning o'ziga xosligi nimadan iborat?
7. Veyvlet almashtirishi imkoniyatlarini aytib bering.
8. Radon almashtirishi tafsiflab bering.
9. Videoda harakatdagi ob'ektni nima maqsadda ajratib olinadi.
10. Harakat detektorining ishlash prinsipini tushuntiring.
11. Harakatni aniqlashning usullarini keltiring.
12. Video tasvirlardagi identifikatsion belgilarning qanday xossalarini bilasiz?
13. Tasvir belgilarini aniqlash va ularni taqqoslashda momentlar qanday hisoblanadi?
14. Xaf almashtirishi yordamida identifikatsion belgilarni qanday hisoblaydi?

Qisqartmalar va atamalar

- BVPBM - bir vaqtda paydo bo'lish matritsasi.
- CCD - (ingl. CCD - charge-coupled device) zaryad bog'lamali qurilma (kamera).
- CIE - Yoritilganlik bo'yicha halqaro komissiya (fran. Commission Internationale de l'Eclairage).
- CMY - ranglar fazosi: ko'kimtir (Cyan), qirmizi (Magenta) va sariq (Yellow).
- DKA - Diskret kosinus almashtirishi.
- EHM - elektron hisoblash mashinasi.
- FDA - Fure diskret almashtirishi
- FTP - (ingl. File Transfer Protocol) fayllarni uzatish protokoli.
- HSI - ranglar fazosi: rang toni (Hue), to'yinganlik (Saturation), yorqinlik (Intensity).
- IP - (Internet Protocol) internet protokol.
- KK - korrelyatsiya koeffitsienti
- LBO - lokal binar obrazlar.
- LBP - (ingl. LBP - Local Binary Pattern) lokal binar obrazlar.
- NO - nuqtaviy ob'ekt.
- OpenCV - (Open Source Computer Vision Library) ochiq kodli kompyuterli ko'rish kutubxonasi.
- O'UM - o'quv uslubiy majmua.
- RGB - uchta rang (R-qizil, G-yashil, B-ko'k) aralashmasi.
- SMT - (ingl. Simple Mail Transfer Protocol) pochtoni uzatishning oddiy protokoli.
- UAS - Uolsh - Adamar spektri
- UDA - Uolsh diskret almashtirishi.
- Web - (ingl. web-to'r) internet maydoni.

Testlar

1. Tasvirning qanday formatlari (turlari) mavjud?

- *A. *.bmp, *.jpg, *.gif, *.ico
- B. *.jpg, *.avi, *.dat, *.gif
- C. *.gif, *.txt, *.doc, *.bmp
- D. Barcha javob to'g'ri.

2. Qaralayotgan $G(i, j)$ nuqta (piksel) uchun chap qo'shni nuqta (piksel) koordinatasi qanday bo'ladi?

- A. $G(i+1, j)$
- *B. $G(i-1, j)$
- C. $G(i, j-1)$
- D. $G(i, j+1)$

3. Qaralayotgan $G(i, j)$ nuqta (piksel) uchun quyi qo'shni nuqta (piksel) koordinatasi qanday bo'ladi?

- A. $G(i+1, j+1)$
- B. $G(i+1, j)$
- C. $G(i, j-1)$
- *D. $G(i, j+1)$

4. Bo'sag'a tanlashning k-o'rtacha algoritmi nimaga asoslangan?

- A. Tasvir matritsasining bevosita rang qiymatlariga asoslangan.
- B. Korrelyatsiya qiymatlariga asoslangan.
- C. Xaf almashtirishlariga asoslangan.
- *D. Tasvir gistorammasiga asoslangan.

5. Bo'sag'a (porog) tushunchasini izohlang.

- A. Tasvir gistogrammasi.
- B. Rang qiymatlarining o'rtacha qiymati.
- *C. Rang qiymatlari uchun chegaraviy qiymat.
- D. Piksel rang qiymati.

6. Tasvirni biror burchak ostiga burish formulasini ko'rsating.

- A. $X_n = Y \cdot S_x, Y_n = X \cdot S_y$
- B. $X_n = X \cdot S_x, Y_n = Y \cdot S_y$

$$\begin{aligned} C. \quad x' &= x \cdot \sin \alpha - y \cdot \cos \alpha \\ y' &= x \cdot \cos \alpha + y \cdot \sin \alpha \\ *D. \quad x' &= x \cdot \cos \alpha - y \cdot \sin \alpha \\ y' &= x \cdot \sin \alpha + y \cdot \cos \alpha \end{aligned}$$

7. Tasvir sifatini tiniqlashtirish formulasini ko'rsating.

- A. $G(i, j) = \sqrt{X^2 + Y^2}$
- B. $G(x, y) = 255 \cdot \frac{G(x, y) - G_{\min}}{G_{\max} - G_{\min}}$
- *C. $G(x, y) = 255 \cdot \frac{G(x, y) - G_{\min}}{G_{\max} - G_{\min}}$
- D. $G(i, j) = |F(i, j) - F(i+1, j+1)| + |F(i, j+1) - F(i+1, j)|$

8. Kontur ajratishning Sobel usulini ko'rsating.

- A. $G(i, j) = F(i, j) - F(i+1, j)$
- B. $G(i, j) = |F(i, j) - F(i+1, j+1)| + |F(i, j+1) - F(i+1, j)|$
- *C. $G(i, j) = \sqrt{X^2 + Y^2}$, bu yerda $X = (A_2 + 2A_1 + A_0) - (A_0 + 2A_1 + A_2)$,
 $Y = (A_0 + 2A_1 + A_2) - (A_0 + 2A_1 + A_2)$
- D. $T = (G_{\max} + G_{\min})/2$

9. Kontur ajratishning Roberts usulini ko'rsating.

- A. $G(i, j) = \sqrt{X^2 + Y^2}$
- *B. $G(i, j) = ((F(i, j) - F(i+1, j+1))^2 + (F(i, j+1) - F(i+1, j))^2)^{1/2}$
- C. $G(i, j) = F(i, j) - F(i+1, j)$
- D. $G(i, j) = F(i, j) - F(i, j+1)$

10. Tasvirni masshtablash formulasini ko'rsating.

- A. $x = x \cdot \cos \alpha - y \cdot \sin \alpha; y = x \cdot \sin \alpha + y \cdot \cos \alpha$
- *B. $X_n = X \cdot S_x, Y_n = Y \cdot S_y$
- C. $G(i, j) = \sqrt{X^2 + Y^2}$
- D. $G(i, j) = F(i, j) - F(i, j+1)$

11. Standart rang sistemalari qaysi javobda to'g'ri ko'rsatilgan?

- *A. RGB, CMYK, ISH, YUV, XYZ, Lab
- B. *.bmp, *.jpg, *.gif, *.ico
- C. RGB, CMYK, ISH, YUV, XYZ, Lab

D. Hamma javob to'g'ri.

12. Hayotiy (haqiqiy) rang bo'yoqlarga qaysi rang sistemasi mos keladi?

- A. RGB rang sistemasi.
- B. CMYK rang sistemasi.
- *C. Lab rang sistemasi.
- D. BMP rang sistemasi.

13. Tasvir belgilari deganda nimani tushunasiz?

- A. Tasvirning kengaytmalarini (turlarini).
- B. Tasvir ranglarini.
- C. Tasvirning eni, bo'yi, va baytlardagi xajmini.
- *D. Tasvirni yoki undagi ob'ektni xarakterlovchi o'ziga xos xususiyatlarni.

14. Binar (oq-qora) tasvirde necha xil rang qatnashadi?

- A. 16777216 xil
- B. 256 xil.
- C. 255 xil
- *D. 2 xil.

15. Kulrang tasvirde necha xil rang qatnashadi?

- A. 16777216 xil
- *B. 256 xil.
- C. 255 xil
- D. 2 xil.

16. Rangli tasvirde necha xil rang qatnashadi?

- *A. 16777216 xil
- B. 256 xil.
- C. 255 xil
- D. 2 xil.

17. Tasvirlarni bo'laklash deganda nimani tushunasiz?

- A. Tasvirning chegara (kontur) larini ajratish tushuniladi.
- B. Tasvirni katta-kichik qilish va burchak ostiga burish tushuniladi.

*C. Tasvirlarni bo'laklash deb, ularni talqin etish mumkin bo'lgan bo'laklarga ajratish tushuniladi. Shu sababli uning amaliy jihatdan muhim xususiy holi – bu yorug'lik, geometrik va boshqa xususiyatlari tomonidan ham, mohiyati jihatidan ham turlicha bo'lgan ob'ektlarni ajratib olish masalasidir.

18. Tasvir gistogrammasi deganda nimani tushunasiz?

- *A. Tasvirde har bir rangning miqdoriy (yoki tarqalish) grafigi tushuniladi.
- B. Tasvirde har bir rangning o'rtacha qiymatlari grafigi tushuniladi.
- C. Ranglarning gorizont va vertikal yig'indisi tushuniladi.
- D. To'g'ri javob yo'q.

19. Asl tasvir va yo'qotish bilan siqilgan tasvir o'rtasidagi farqning o'lchovi sifatida nimadan foydalanish mumkin?

- *A. Tasvir piksellarining tegishli atributlari me'yor qiymatlarining maksimal mumkin bo'lgan nisbati
- B. Kuzatuvchining fikri, o'rtacha kvadrat xatosi (L2-o'lchov, MSE - Mean Squared Error), signal-to-shovqin nisbati (PSNR - Peak Signal-to-Noise Ratio)
- C. Tasvir pikselining atributlari
- D. Signal-shovqin nisbati

20. Diskret kosinus almashtirish qanday xossalarga ega?

- *A. O'zaro bog'liq bo'lmagan koeffitsientlar, transformatsiya asosiy ma'lumotlarni oz sonli koeffitsientlarda saqlaydi
- B. O'zaro bog'liq koeffitsientlar
- C. Transformatsiya asosiy ma'lumotlarni oz sonli koeffitsientlarda saqlaydi
- D. Ma'lumotlarning aksariyati har qanday tasvir uchun past chastotali spektrda mavjud.

21. Diskret kosinus transformatsiyasi qanday xossalarga ega?

- *A. Bir koeffitsientni ifodalashning to'g'riligi boshqa hech qanday, energiya siqilishiga bog'liq emas
- B. O'zaro bog'liq koeffitsientlar
- C. Energiya "siqilishi"

D. Ma'lumotlarning katta qismi silliq o'tishlari bo'lgan tasvirlarda yuqori chastotali spektrda mavjud

22. JPEG tasvirni saqlash formatida siqish algoritmi qanday?

- *A. Diskret kosinus almashtirishdan foydalanish bo'yicha
- B. To'liqinli o'zgarishlardan foydalanish bo'yicha
- C. Ortonormal asosda kengayishdan foydalanish bo'yicha
- D. Diskret Furye konvertatsiyasidan foydalanish bo'yicha

23. JPEG tasvirni saqlash formatida YCbCr rang maydoni nima uchun ishlatiladi?

- *A. Tasvirning yorqinligini yanada aniqroq saqlash imkoniyati uchun
- B. Tasvirning kontrastini yanada aniqroq saqlash imkoniyati uchun
- C. Tasvir rangini yanada aniqroq saqlash imkoniyati uchun
- D. Tasvirning tafsilotlarini aniqroq saqlash imkoniyati uchun

24. JPEG tasvirni saqlash formatida diskret kosinus transformatsiyasi qaysi bloklarga qo'llaniladi?

- *A. 8×8 piksel
- B. 2×2 piksel
- C. 4×4 piksel
- D. 16×16 piksel

25. Diskret kosinus almashtirish qanday xossalarga ega?

- *A. O'zaro bog'liq bo'lmagan koeffitsientlar, transformatsiya asosiy ma'lumotlarni oz sonli koeffitsientlarda saqlaydi
- B. O'zaro bog'liq koeffitsientlar
- C. Transformatsiya asosiy ma'lumotlarni oz sonli koeffitsientlarda saqlaydi
- D. Ma'lumotlarning aksariyati har qanday tasvir uchun past chastotali spektrda mavjud

26. Diskret kosinus transformatsiyasi qanday xossalarga ega?

- *A. Bir koeffitsientni ifodalashning to'g'riligi boshqa hech qanday, energiya siqilishiga bog'liq emas
- B. O'zaro bog'liq koeffitsientlar
- C. Energiya "siqilishi"
- D. Ma'lumotlarning katta qismi silliq o'tishlari bo'lgan tasvirlarda

yuqori chastotali spektrda mavjud

27. JPEG tasvirni saqlash formatida rasmning vertikal o'lchami 8 ga bo'linmasa nima bo'ladi?

- *A. Pastdan oxirigisiga mos keladigan qatorlarni qo'shish
- B. Eng o'ng ustunga mos keladigan ustunlarni qo'shish
- C. Ko'p sonli pikseli boshqa oyna tanlangan
- D. Etishmayotgan satrlar nollar bilan to'ldiriladi

28. JPEG tasvirni saqlash formatida tasvirning gorizontial o'lchami 8 ga bo'linmasa nima bo'ladi?

- *A. Eng o'ng ustunga mos keladigan ustunlarni qo'shish.
- B. Pastdan oxirigisiga mos keladigan qatorlarni qo'shish.
- C. Ko'p sonli pikseli boshqa oyna tanlangan.
- D. Etishmayotgan satrlar nollar bilan to'ldiriladi.

29. JPEG formatidagi tasvirni siqish algoritmidagi tasvirga qanday amallar bajariladi?

- *A. YCbCr rang modeliga o'tkazish.
- B. RGB rang modeliga o'tkazish.
- C. Piksellarni 8×8 blok bo'yicha tartiblash
- D. Zigzag tartiblash

30. Veyvlet almashtirishning hisoblash murakkabligi nimadan iborat?

(bu erda N – almashtirish qo'llaniladigan ketma-ketlikning uzunligi)

- *A. $O(N)$
- B. $O(N \times N)$
- C. $O(N^2)$
- D. $O(2N^2)$

31. $N \times N$ piksellar matritsasi uchun diskret kosinus almashtirishning hisoblash murakkabligi qanday?

- *A. $O(N \times N)$
- B. $O(N)$
- C. $O(N^2)$
- D. $O(2N^2)$

32. NxN piksellar matritsasi uchun Furiye diskret almashtirishning hisoblash murakkabligi qanday?

*A. O (NxN)

B. O (N)

C. O (N²)

D. O (2N²)

33. Qaysi almashtirish eng yaxshi chastota-fazoviy lokalizatsiyaga ega?

*A. Veyvlet almashtirish

B. Teskari veyvlet almashtirish

C. Furiye almashtirish

D. Kosinus almashtirish

34. Qanday almashtirishlarga asoslangan tasvirni siqish algoritmlari bir xil siqish nisbati bilan tasvir sifatini saqlashda eng yaxshi natijalarni ko'rsatadi?

*A. Veyvlet almashtirishga

B. Teskari veyvlet almashtirishga

C. Furiye almashtirishga

D. Kosinus almashtirishga

35. JPEG tasvirlar qanday tartibda kodlanadi?

*A. rang maydoniga aylantirish; subdiskretizatsiya; diskret kosinus almashtirish; kodlash

B. subdiskretizatsiya; diskret kosinus almashtirish; kvantlash; kodlash

C. rang maydoniga aylantirish; subdiskretizatsiya; diskret kosinus almashtirish; kvantlash; kodlash

D. rang maydoniga aylantirish; diskret Furiye konvertatsiyasi; almashtirish, namunani pasasubdiskretizatsiya; kvantlash; kodlash

Adabiyotlar

1. Gavrilov I.A. va boshqalar. Raqamli televideniye. — T.: Top Image Media, 2016. — 376 b.
2. Агостон Ж. Теория цвета и ее применение в искусстве и дизайне. — М.: Мир, 1982. — 181 с.
3. Айриг С., Айриг Э. Подготовка цифровых изображений для печати / Перев. с англ. — Минск: Попурри, 1997. — 176 с.
4. Володин А. Б. Адаптивная контекстная компрессия изображений // Вестник молодых ученых. — 2002. — № 9. — С. 88—96.
5. Глезер В. Д. Зрение и мышление. — Л.: Наука, 1985. — 246 с.
6. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений / Перев. с англ. — М.: Техносфера, 2012. — 1104 с.
7. Ивене Р. М. Введение в теорию цвета / Перев. с англ. — М.: Мир, 1964. — 442 с.
8. Красильников Н. Н. Математическая модель темновой адаптации в зрительной системе человека // Оптический журнал. — Т. 64 (1997). — № 11. — С. 38—44.
9. Красильников Н. Н. Влияние шумов на контрастную чувствительность и разрешающую способность приемной телевизионной трубки // Техника телевидения. — 1958. — Вып. 25. — С. 26—43.
10. Красильников Н. Н. Теория передачи и восприятия изображений. — М.: Радио и связь, 1986. — 247 с.
11. Красильников Н. Н., Красильникова О. И., Шелепин Ю. Э. Эффект кажущегося размытия резких и обострения размытых границ при наблюдении движущихся объектов // Оптический журнал. — Т. 71 (2004). — № 11. — С. 61—68.
12. Красильников Н.Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 608 с.
13. Кривошеев М. И., Кустарев А. К. Цветовые измерения. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 240с.
14. Марр Д. Зрение. Информационный подход к изучению представления и обработки зрительных образов / Перев. с англ. — М.: Радио и связь, 1987. — 400 с.

15. Оппенгейм А. В., Лим Дж. С. Важность фазы при обработке сигналов // ТИИЭР. — Т. 69 (1981). — № 5. — С. 39—54.
16. Порев В. Н. Компьютерная графика. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 432
17. Прэтт У. К., Фожра О. Д., Гагалович А. Зрительное различие стохастических текстурных полей // ТИИЭР. — Т. 26 (1978). — № 11.
18. Прэтт У. Цифровая обработка изображений / Перев. с англ. — М.: Мир, 1982. — Т. 1. — 310 с. // М.: Мир, 1982. — Т. 2. — 790 с.
19. Телевидение: учебник для вузов / Под ред. В. Е. Джакони. 4-е изд. — М.: Горячая линия-Телеком, 2007. — 616 с.
20. Физиология сенсорных систем. Ч. первая. Физиология зрения / Под ред. Г. В. Гершуни. — Л.: Наука, 1971. — 416 с.
21. Фурман Я. А., Кревецкий А. В., Передреев А. К. и др. Введение в контурный анализ и его приложения к обработке изображений и сигналов. — М.: Физ-матлит, 2003.
22. Цифровое кодирование телевизионных изображений / Под ред. И. И. Цуккермана. — М.: Радио и связь, 1981. — 239 с.
23. Dowling J.E. The retina. — (An approachable part of the brain) — Cambridge, Massachusetts, London, The Belknap press of Harvard university press. 1987. — 281 p.
24. Hammett S. T., Georgson M. A., Gorea A. Motion blur and motion sharpening: temporal smear and local contrast non-linearity // Vision Res. — 1998. — V. 38. — P. 2099—2108.
25. Sutherland N. The representation of three-dimensional objects // Nature. — 1979. — № 278. — P. 395—398.

MUNDARIJA

1.	Kirish	3
1 bob.	TASVIRLAR VA SHOYQINLAR	6
1.1.	Real olam ob'ektlari va ularning xususiyatlari	6
1.2.	Saxna va uni tashkil qilgan ob'ektlar tasvirlarining ikki o'lhovli rastr modellari	7
1.3.	Ikki o'lhovli tasvirlarni ifodalashning vektor modeli	10
1.4.	Tasvirning ko'rinishlari	12
1.5.	Tasvir modellari	18
1.6.	Tasvirlarning fazoviy spektrlari	19
2 bob.	1-bob bo'yicha nazorat savollari	21
2 bob.	TASVIRLARDA RANGLARNI QAYTA TIKLASH VA RANGLARNI BOSHQARISH	23
2.1.	Grassman aksiomalari va ranglarning aralashish qonuniyati	23
2.2.	Rang tenglamalari bo'yicha tajribalar	23
2.3.	Ranglar tengligi aksiomalari	25
2.4.	Kolorimetrik tizim tuzilishining tamoyillari	27
2.5.	RGB kolorimetrik tizimi	30
2.6.	XYZ kolorimetrik tizimi	34
2.7.	XYZ kolorimetrik tizimda ranglar hisob kitobi	39
	Ranglar koordinatasi bilan berilgan ikki rang aralashmasining rangini aniqlash	39
	Rang koeffitsientlari bilan berilgan uch rang aralashmasi rangini aniqlash	40
	Rangdorlik koordinatalari va yorqinlik kattaligi bilan berilgan uchta rang aralashmasining rangini aniqlash	41
	Ustun turuvchi to'lqin uzunligi va rangning sofligini aniqlash	41
2.6.	Rang temperaturasi	43
2.7.	Boshqa kolorimetrik tizimlar	44
	Mansella kolorimetrik tizimi	45
	Mak-Adam kolorimetrik tizimi	46
	L*a*b* kolorimetrik tizimi	47
	HLS va HSB kolorimetrik tizimlari	51
	CMY va CMYK kolorimetrik tizimlari	51

2.8.	Rang modellari (sistemalari)ni o'zaro bir-biriga matematik almashtirish usullari	53
2.9.	Rangli tasvirlarni ekranga va bosmaga chiqarish.....	57
2.10.	Ranglarni boshqarish, kalibrovkalash, CMS tizimi asoslari 2-bob bo'yicha nazorat savollari	61
3-bob.	KO'RISH TIZIMI VA TASVIRLARNI QABUL QILISH.....	65
3.1.	Tasvirlarni qayta tiklash sifatini baholash muammolari.....	66
3.2.	Ko'rish tizimining tuzilishi haqida qisqacha ma'lumot Ko'z optikasi	69
3.3.	Ko'rishning barqarorligi	69
3.4.	Harakatni idrok etish	76
3.5.	Rangni idrok etish	79
3.6.	Hajmni idrok etish	80
3.7.	Kuzatishning chegara sharoitidagi ob'ektlarning tasvirlarini aniqlash va tanish	84
	3-bob bo'yicha nazorat savollari	87
4-bob.	VIDEO TASVIRLAR VA ULARNI QAYTA ISHLASH	89
4.1.	Raqamli tasvir va video tushunchalari	89
	Raqamli tasvir tushunchalari.....	89
	Raqamli video tushunchalari	91
	Rangli tasvirlar haqida	93
4.2.	Tasvir sifatini yaxshilash usullari	93
	Mediana usuli.....	94
	Chiziqli tiniqlashtirish usuli	95
4.3.	Tasvirni binarlashtirish usullari	98
4.4.	Tasvir kontur chiziqlarini aniqlash usullari	104
4.5.	Tasvirni segmentatsiyalash usullari	110
4.6.	Tasvir skeletini aniqlash usullari	119
	4-bob bo'yicha nazorat savollari	129
5-bob.	OPENCV BIBLIOTEKASI FUNKSIYALARIDAN FOYDALANIB VIDEO-TASVIRLARNI QAYTA ISHLASH TEXNOLOGIYALARI	131
5.1.	OpenCV haqida	131
5.2.	OpenCVda ko'p foydalaniladigan funksiyalar	132
5.3.	OpenCV da chizish	140
5.4.	HighGUI moduli funksiyalari	142

5.5.	OpenCVda tasvirlarni qayta ishlash	143
5.6.	OpenCV da tasvir o'zgartirishlar	146
5.7.	OpenCV da Xaf (Hough) almashtirishlari	147
5.8.	OpenCV da Affin almashtirishlar	148
	5-bob bo'yicha nazorat savollari	149
6-bob.	RAQAMLI VIDEO TASVIRDA OB'EKTLARNI AJRATIB OLISH	150
6.1.	Raqamli video-tasvirlarni spektral almashtirish usullari. ...	150
	Fure almashtirishi	150
	Fure diskret almashtirishi (FDA) va teskari FDA	152
	Diskret kosinus almashtirish (DKA)	153
	Uolsh almashtirishi	155
	Adamar almashtirishi	157
	Veyvlet almashtirishi	159
	Radon almashtirishi	161
6.2.	Videoda harakatdagi ob'ektlarni ajratib olish usullari	164
	Videokuzatuv vositalari	164
	Videotasvirlardagi ob'ektlarni aniqlash usullari va algoritmlari	172
6.3.	Raqamli video-tasvirlarda identifikatsion belgilarning xossalari	176
	Manba tasvir belgilari	176
	Nuqtaviy ob'ektlar belgilari	180
	Uzuq chiziqli ob'ektlarning belgilari	181
	Yopiq chiziqli ob'ektlarning belgilari	182
	Yuzali ob'ektlarning belgilari	184
	Momentlar	185
6.4.	Tasvirlarning identifikatsion belgilarni aniqlash usullari va algoritmlari.....	188
	Xaf almashtirishlari yordamida belgilarni aniqlash	188
	Integral proeksionalash yordamida belgilarni aniqlash	192
	"Lokal binar obrazlar" operatori asosida tasvir belgilarini aniqlash	194
6.5.	Identifikatsion belgilarni taqqolash usullari. Tasniflash (guruxlash) masalalari. Masofa tipli o'lchov (masofa funksiyasi)	198
	Tasniflash (guruxlash) masalalari	198
	Masofa tipli o'lchov funksiyalari	198

6.6. Identifikatsion belgilarni taqqolash usullari. Korrelyatsiya tipidagi o'lchov (o'xshashlik o'lchovi). Gistogrammaviy belgilarni taqqolash usullari	200
Korrelyatsiya koeffitsientlari yordamida to'plam yoki matritsalarini o'xshashligini taqqolash	200
Gistogrammaviy belgilarni taqqolash usullari	201
6-bob bo'yicha nazorat savollari	202
Qisqartmalar va atamalar	203
Testlar.....	204
Adabiyotlar	211

Muxamadiyev Abdivali Shukurovich

VIDEOGA ISHLOV BERISH

o'quv qo'llanma

Toshkent - "METHODIST NASHRIYOTI" - 2024

Muharrir: Bakirov Nurmuhammad

Texnik muharrir: Tashatov Farrux

Musahhih: Saidova Nurshoda

Dizayner: Ochilova Zarnigor

Bosishga 1.04.2024.da ruxsat etildi.

Bichimi 60x90. "Times New Roman" garniturası.

Ofset bosma usulida bosildi.

Shartli bosma tabog'i 14. Nashr bosma tabog'i 13,75.

Adadi 300 nusxa.

"METHODIST NASHRIYOTI" MCHJ matbaa bo'limida chop etildi.
Manzil: Toshkent shahri, Shota Rustaveli 2-vagon tor ko'chasi, 1-uy.



+99893 552-11-21

Nashriyot rozligisiz chop etish ta'qiqlanadi.

ISBN 978-9910-03-203-5



9 789910 032035

