



CHIZIQLI GRAFIK OBYEKTЛАRNI BIRLAMCHI VEKTORLASH ALGORITMI

Joldasov Sh.B.

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari
universiteti Mediamarkaz direktori*

Annotatsiya: Mazkur maqolada chiziqli grafik obyektlarni raqamli qayta ishlash jarayonida muhim bosqichlardan biri hisoblangan birlamchi vektorlash algoritmlari ko'rib chiqiladi. Vektorlash jarayonining mohiyati, asosiy bosqichlari hamda chiziqli obyektlar bilan ishlashda qo'llaniladigan algoritmik yondashuvlar tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari grafik axborotni avtomatlashtirilgan qayta ishlash tizimlarida qo'llash imkoniyatlarini kengaytiradi.

Kalit so'zlar: grafik obyektlar, chiziqli tasvirlar, vektorlash, raster tasvir, algoritmi, raqamli tasvirlarni qayta ishlash.

Аннотация: В данной статье рассматриваются алгоритмы первичной векторизации, являющиеся одним из важных этапов цифровой обработки линейных графических объектов. Анализируются сущность процесса векторизации, его основные этапы, а также алгоритмические подходы, применяемые при работе с линейными объектами. Результаты исследования расширяют возможности применения графической информации в автоматизированных системах обработки.

Ключевые слова: графические объекты, линейные изображения, векторизация, растровое изображение, алгоритм, цифровая обработка изображений.

Abstract: This article examines primary vectorization algorithms, which constitute one of the key stages in the digital processing of linear graphic objects. The essence of the vectorization process, its main stages, and algorithmic approaches used in working with linear objects are analyzed. The research results expand the possibilities of applying graphic information in automated processing systems.

Keywords: graphic objects, linear images, vectorization, raster image, algorithm, digital image processing.

Kirish

Hozirgi kunda raqamli tasvirlarni qayta ishlash va ularni tahlil qilish kompyuter grafikasi, geografik axborot tizimlari (GIS), avtomatlashtirilgan loyihalash tizimlari (CAD) hamda sun'iy intellekt sohalarida keng qo'llanilmoqda. Ayniqsa, chiziqli grafik obyektlar – yo'llar, konturlar, diagrammalar va sxemalarni aniqlash va qayta ishlash muhim ahamiyat kasb etadi.

Raster ko'rinishdagi grafik tasvirlarni vektor formatiga o'tkazish jarayoni vektorlash deb ataladi. Ushbu jarayonning dastlabki bosqichi esa birlamchi





vektorlash bo'lib, unda tasvirdagi asosiy chiziqli obyektlar aniqlanadi va geometrik elementlar sifatida ifodalanadi.

Chiziqli grafik obyektlar deganda uzunligi kengligiga nisbatan ustun bo'lgan, bir yoki bir nechta piksellar ketma-ketligidan tashkil topgan obyektlar tushuniladi. Bunday obyektlarga kontur chiziqlari, yo'llar va daryolar, diagramma va grafik chiziqlar, texnik chizmalar elementlari kiradi. Ularni avtomatik aniqlash va vektorlash jarayoni murakkab bo'lib, maxsus algoritmlarni talab etadi.

Chiziqli grafik obyektlarni birlamchi vektorlash algoritmi odatda quyidagi asosiy bosqichlardan iborat:

- Tasvirni oldindan qayta ishlash (shovqinni kamaytirish, kontrastni oshirish, binarizatsiya).
- Chiziqlarni aniqlash (skeletonizatsiya), chiziqli obyektlar markaziy o'q bo'ylab yupqalashtiriladi;
- Pikel ketma-ketligini kuzatish, Chiziq bo'ylab joylashgan piksellar ketma-ket aniqlanadi va ularning koordinatalari saqlanadi;
- Geometrik elementlarga ajratish, aniqlangan chiziqlar to'g'ri chiziq, egri chiziq yoki siniq chiziq segmentlariga bo'linadi;
- Vektor modelini shakllantirish, natijada chiziqli obyektlar vektor ko'rinishida ifodalanadi.

Ushbu guruh algoritmlarining qiyosiy tahlili shuni ko'rsatdiki, faqat tasvirni muntazam to'r bilan ajratishga asoslangan usullar, shuningdek, rastrni siyraklashtirib ko'rishga asoslangan usullar rastrning aniqlik darajasiga nisbatan chiziqli murakkablikka ega, qolganlari esa kubik va kvadratik murakkabliklarga ega. Shuningdek, faqat rastrni siyraklashtirib ko'rishga asoslangan usullargina boshlang'ich topologiyaga yuqori darajada mos keluvchi, chiziqli obyektlar kengligini saqlovchi va tugunlarda bog'lanishni tiklash funksiyalariga ega bo'lgan obyektlarni oladi.

Bog'liqlik birlamchi vektorlash bosqichi ishining muhim xususiyatidir, chunki obyektlar o'rtasidagi aloqalarni saqlash tasvirni yuqori darajalarda tahlil qilish vazifasini osonlashtiradi. Bog'lanishlarni saqlab qolish variantlaridan biri: chiziqli obyektlar orasidagi uzilishlarni ularni bitta obyektga birlashtirish yo'li bilan tiklash. Uzilishlar tabiiy, masalan, shtrix-punktir chiziqlar holatida va rastrdagi shovqinlar yoki algoritmning noto'g'ri ishlashi natijasida hosil bo'lishi mumkin bo'lgan soxta bo'ladi. Shunday qilib, *SPV-merop*, siyraklashtirilgan rastr tahlili usullari orasida eng yaxshi vektorlash natijasini ko'rsatdi, kuzatish yo'nalishini o'zgartirganda, masalan, vertikal dan gorizontalgacha, o'rta chiziq nuqtalarini yig'ish protsedurasini yakunlaydi, bu esa chiziqli obyektning uzilishiga olib keladi. Shuningdek, rastrning tanlab olingan tahlili obyekt dan tarmoqlanishlarni o'tkazib yuborish ehtimolini keltirib chiqaradi, bu ham uzilishga sabab bo'ladi. 3.1-rasmda shunday holat uchun markaziy chiziqni kuzatish jarayonining ishlashi tasvirlangan. Ushbu protseduraning ishlash bosqichi vertikal va gorizont al yugurish uzunligini tekshirish bilan tavsiflanadi, ulardan birining uzunligi oshib ketsa, mumkin bo'lgan tarmoqlanish haqida xulosa chiqariladi. Biroq, kuzatish protsedurasi qadami chiziqning kengligi o'zgarishini o'tkazib





yuborishi mumkin, bu rasmda ko'rsatilgan. 3.1p, shunda ko'rib chiqilayotgan rastr obyekti ma'lumotlar reduksiyasi davomida o'chiriladi. Natijada quyidagicha uzilish hosil bo'ladi.

SPV usulining yana bir kamchiligi SPV vektorning boshlang'ich uchini noto'g'ri aniqlash imkoniyati mavjudligi bo'lib, bu vektor modelini buzadi. Vektorning yuqori uchi siljigan bo'lishi mumkin, berilgan primitiv kichik bo'ladi.

Chiziqli obyektlarni birlamchi vektorlash algoritmini amalga oshirish.

Ishlab chiqilgan algoritmda chiziqli qalinligini piksellar bo'yicha hisoblash ham, afzal yo'nalishlarni aniqlash bosqichi ham mavjud emas. Quyida uning ishlash sxemasi keltirilgan.

1. Binar tasvir kiritilgandan so'ng, ushbu tasvirni 10 piksel oralig'ida rastrning "qora" nuqtalari mavjudligini aniqlash uchun bitli skanerlash ishga tushiriladi.

2. Olingan boshlang'ich nuqtadan asosiy yo'nalishlarda qora piksellar bo'yicha birinchi oq pikselgacha siklik gistogramma quriladi. Uning yordamida chiziqli obyektning kengligi va topilgan sohaning turi aniqlanadi. Boshlang'ich nuqtadan chiqadigan siklik gistogramma nurlarining soni cheklanganligi sababli, grafik obyektning nur bilan kesishish qismining uzunligi obyektning berilgan nuqtadagi haqiqiy qalinligidan farq qilishi mumkin. Bunday holat uchun qalinlikni hisoblash xatoligini formuladan aniqlash mumkin:

$$\Delta = \frac{1}{\cos(\alpha/2)} - 1$$

bu yerda α - qo'shni nurlar orasidagi burchak.

Gistogramma nurlarining soni 36 ga teng deb olinadi, chunki $\alpha = 10$ gradus bo'lganda obyekt qalinligini hisoblashdagi xato 1,5% dan oshmaydi.

Gistogrammani qurishda nuqtalarning koordinatalarini hisoblash uchun Brezenxem kesmasini generatsiyalashning namunaviy algoritmidan foydalanilgan. Uni qo'llash natijasida yaqqol ifodalangan eng yuqori nuqtali yoki noaniq gistogrammalar hosil bo'lishi mumkin. Yaqqol ifodalangan yuqori nuqta deganda grafikdagi funksiya bir vaqtning o'zida keskin o'sib, birdaniga kamayib ketadigan qism tushuniladi. Bundan tashqari, eng yuqori nuqtaning balandligi chiziqli obyektning kengligidan 2 baravar katta bo'lishi kerak. Masalan, agar grafik bitta yoki ikkita cho'qqiga ega bo'lsa, bu boshlang'ich nuqta kesmaga yoki yoyga, ya'ni chiziqli primitivga tegishli ekanligini ko'rsatadi. Agar funksiyada ikkitadan ortiq yuqori nuqta aniqlansa, demak, boshlang'ich nuqta chiziqli obyektlarning kesishish nuqtasida yotadi. Noaniq yuqori nuqtalarga ega bo'lgan gistogrammani noaniq deb hisoblaymiz. Bunday yuqori nuqtalar maydonli obyektlarning rastrdagi tasviri hisoblanadi. Funksiyalarni tahlil qilib, mavjud rastrli tasvir obyektlarini maydonli yoki chiziqli tasvirlar sinfiga kiritish mumkin.

3. Gistogramma qurilgandan so'ng kesma qalinligi aniqlanadi (chiziqli obyektlar uchun). Agar faqat ikkita aniq yuqori nuqta topilgan bo'lsa, u holda boshlang'ich nuqta chiziqli obyektning ikkala yuqori nuqtasidan yetarlicha uzoqda joylashgan degan xulosaga kelish mumkin. Agar yuqori nuqta bitta bo'lsa, nuqta





taxminan yuqori nuqtalardan biri bilan ustma-ust tushadi. Ikkita oshkor yuqori nuqta topilgan hol uchun gistogrammadagi kattaliklarning o'rtacha qiymati yuqori nuqtalarning ikkita yuqori nuqtasi orasidagi (faqat bitta ekstremum nuqtasi topilishi mumkin) funksiya sohasiga tegishli bo'lgan ekstremum nuqtasiga bevosita yaqin joyda yotishi kerak. Olingan qiymat chiziqning qalinligini aks ettiradi.

Bitta aniq eng yuqori nuqta holati uchun funksiyaning qavariq qismidan botiq (yoki to'g'ri chiziqli) qismiga o'tish nuqtasi atrofida yotgan kattaliklarning o'rtacha qiymati hisoblanishi kerak, bu yuqori nuqta uchidan chapda ham, o'ngda ham bo'lishi mumkin. Olingan qiymat chiziqning qalinligini ham aks ettiradi.

Gistogrammalarni tahlil qilgandan so'ng, chiziqning qalinligi, ko'ndalang kesimning ikki uchining koordinatalari va boshlang'ich nuqta aniqlanadi. Endi berilgan kesimda og'irlik markazi nuqtasini topish mumkin - bu uning o'rtasi bo'ladi.

Markaziy chiziq nuqtalarini hisoblash va rastr obyekti chiziqli obyektlar sinfiga tegishli ekanligini tekshirish uchun to'lqin algoritmi amalga oshiriladi. Uning mohiyati shundan iboratki, markazi oxirgi topilgan massa markazi bilan ustma-ust tushadigan, radiusi esa dastlabki nuqtadagi rastr obyektining kengligiga teng bo'lgan sferik to'lqinni qurishdir. Sferik to'lqinni qurish konturni sinchkovlik bilan kuzatishni ta'minlaydi, bunda bu siyraklashtirilgan rastr tahliliga ega bo'lib, bu bog'liqlikni saqlaydi kuzatish yo'nalishi o'zgarganda ham (SPV-usul holati), tarmoqlangan holatda ham.

Dastlabki nuqtani kesimda markazlashtirib, Brezenxem algoritmining aylana hosil qilish namunaviy algoritmidan foydalanib, chiziq qalinligiga teng radiusli aylanani hosil qiladi. Qurilgan aylana ilgari qurilgan gistogrammani tahlil qilish natijalariga qarab fon bilan rastrli obyekt chegarasini $2n$ marta kesib o'tishi kerak. Masalan, agar dastlabki kesim chiziqli obyektning uchi bilan ustma-ust tushmaydi degan xulosaga kelinsa, demak, aylana chegarani to'rt marta kesib o'tishi kerak, chunki rastrli obyekt ikki yo'nalishda rivojlanadi.

So'ngra hosil bo'lgan juft nuqtalar orqali ikkita ko'ndalang kesim hosil bo'ladigan qilib ikkita to'g'ri chiziq o'tkaziladi. Hosil qilingan kesimlarning har bir o'rtasi navbatdagi to'lqin chiqadigan yangi massalar markazi bo'ladi. To'lqinlarning bir yo'nalishdagi iteratsion rivojlanishi aylana rastrli obyektini ikkiga teng bo'lmagan nuqtalar sonida kesib o'tmaguncha yoki rastrli obyektini umuman kesib o'tmaguncha davom etadi, yoki bo'ylama kesimning kengligi keskin o'zgarmaguncha davom etadi, bu esa yupqalashish, qalinlashish yoki kesishish mavjudligini ko'rsatadi. Yuqoridagi holat aniqlanganda, ushbu yo'nalish uchun jarayon to'xtaydi va qarama-qarshi yo'nalishda boshlanadi.

Shunday qilib, ushbu algoritm har bir nuqtada chiziqning kengligi haqida ma'lumot bilan markaziy chiziqning nuqtalarining koordinatalarini olish imkonini beradi. Bu parametrlar rastr obyektlarini vektorli ifodalash uchun zarur.

To'lqinning o'zining generatsiyasiga kelsak, birinchi iteratsiya vaqtida to'la aylana yasash kerak, keyingi iteratsiyalar uchun esa faqat $(9/8)\pi$ ya'ni yoyish bilan cheklanish mumkin. Bu yoyilma oldingi to'lqin yasash natijasida hosil qilingan kesimga o'tkazilgan perpendikulyarning ikkala tomoniga qo'yilishi kerak.





O'rta chiziqni kuzatish protsedurasining ishi tasvirlangan bo'lib, u to'liqlar generatsiyasini iteratsion qayta tiklash yo'li bilan amalga oshiriladi. Ushbu uchun tex g'ovaklar chiziqli obyektning kengligi sezilarli darajada oshmaguncha davom ettiriladi. Shuni ta'kidlash kerakki, hatto tasvirning yuqori aniqlik darajasida (chiziqli obyektning chetlari notekis) ham markaziy chiziq nuqtalari to'g'ri hisoblanadi.

Xulosa

Chiziqli grafik obyektlarni birlamchi vektorlash algoritmi raster tasvirlarni tahlil qilish va ularni vektor ko'rinishga o'tkazishning muhim bosqichi hisoblanadi. Ushbu algoritmlar grafik axborotni avtomatlashtirilgan tarzda qayta ishlash, saqlash va tahrirlash imkonini beradi. Kelgusida algoritmlarni takomillashtirish sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish usullari bilan uyg'unlashtirish orqali yanada yuqori natijalarga erishishga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Newman N., Fletcher R. The Future of News in the Age of Artificial Intelligence. Oxford Digital Media Institute, 2022.
2. Kapuscinski G. Virtual Studios and Synthetic Anchors: Evolution of Television Production. Routledge, 2021.
3. Li P., Wang S. Generative Models in Digital Broadcasting. Computers & Creativity, 2024.
4. Reinders H., Stockwell G. AI and Automation in Media Industries. Cambridge University Press, 2023.

