TASVIR SEGMENTATSIYASI TEXNIKALARI VA ULARNING QIYINCHILIKLARI

Abdullayev Yunus Yusup o'g'li
Muhammad al-Xorazimiy nomidagi Toshkent Axborot Texnologiyalari Universiteti, Televizion va media texnologiyalari kafedrasi assistenti

Annotatsiya: Tasvir segmentatsiyasi tasvirni qayta ishlash va kompyuter ko'rish sohasida tadqiqotlarning dolzarb yo'nalishiga aylangan mavzu bo'lib, u tasvirni foydali va o'zaro ustma-ust tushmaydigan sohalarga bo'lish jarayonini anglatadi. Bu tabiiy manzaralarni tushunishda muhim bosqich hisoblanadi. O'nlab yillik izlanishlar va erishilgan yutuqlarga qaramay, xususiyatlarni ajratib olish va model yaratishda hanuzgacha qiyinchiliklar mavjud. Ushbu maqolada tasvir segmentatsiyasi usullaridagi yutuqlarni tizimli ravishda ko'rib chiqilgan. Segmentatsiya tamoyillari va tasvir ma'lumotlarining xususiyatlariga ko'ra, tasvir segmentatsiyasining uchta muhim bosqichi tahlil qilinadi: klassik segmentatsiya, kooperativ (hamkorlikdagi) segmentatsiya va chuqur o'rganishga asoslangan semantik segmentatsiya. Har bir bosqichdagi asosiy algoritmlar va muhim texnikalar batafsil tushuntiriladi.

Kalit so'zlar: Tasvir segmentatsiyasi; ko-segmentatsiya (hamkorlikdagi segmentatsiya); semantik segmentatsiya; chuqur o'rganish; tasvirni qayta ishlash

Annotation: image segmentation is a topic that has become an urgent focus of research in the field of image processing and computer vision, which refers to the process of dividing an image into useful and non-overlapping areas. This is an important stage in understanding natural landscapes. Despite decades of research and progress, there are still difficulties in distinguishing features and creating a model. This article systematically examines advances in image segmentation methods. According to the principles of segmentation and the characteristics of image data, three important phases of image segmentation are analyzed: classical segmentation, cooperative (collaborative) segmentation, and semantic segmentation based on deep learning. The basic algorithms and important techniques at each stage are explained in detail.

Keywords: Image Segmentation; co-segmentation(collaborative segmentation); semantic segmentation; deep learning; image processing

Аннотация: сегментация изображений-это тема, которая стала актуальной областью исследований в области обработки изображений и компьютерного зрения, которая относится к процессу разделения изображения на полезные и перекрывающиеся области. Это считается важной вехой в понимании

ISSN 3030-3907

природных ландшафтов. Несмотря на десятилетия исследований и достижений, все еще существуют трудности с извлечением функций и построением моделей. В этой статье систематически рассматриваются достижения в методах сегментации изображений. В соответствии с принципами сегментации и характеристиками данных изображений анализируются три основных этапа сегментации изображений: классическая сегментация, совместная (совместная) сегментация и семантическая сегментация, основанная на глубоком обучении. Подробно объясняются основные алгоритмы и важные методы на каждом этапе.

Ключевые слова: сегментация изображений; совместная сегментация (совместная сегментация); семантическая сегментация; глубокое обучение; обработка изображений

Tasvir segmentatsiyasi tasvirlarni turli xususiyatlarga ega bo‘lgan sohalarga ajratadi va muhim bo‘lgan sohalarni – ya’ni qiziqish sohalarini (ROI – Regions of Interest) ajratib oladi. Inson ko‘rish sezgilariga ko‘ra, bu sohalar mazmunli va o‘zaro ustma-ust tushmaydigan bo‘ladi. Segmentatsiyada ikkita asosiy muammo mavjud:

1. “Mazmunli sohalar”ni qanday aniqlash – vizual idrokdagi noaniqlik va insoniy tushunchalarning xilma-xilligi obyektlar uchun aniq ta’rif bo‘lishini qiyinlashtiradi. Bu esa tasvir segmentatsiyasini “noaniq yechimli” (ill-posed) muammoga aylantiradi;

2. Tasvirdagi obyektlarni qanday samarali ifodalash. Raqamli tasvirlar piksel (nuqta)lardan tashkil topgan bo‘lib, ular rang, to‘qimalar va boshqa axborotlar asosida guruhlanib, yirik to‘plamlar – “piksel to‘plamlari” yoki “superpiksel”lar hosil qiladi. Ushbu past darajadagi xususiyatlar tasvirning lokal atributlarini aks ettiradi, biroq ular orqali global (umumiy) axborotni – masalan, shakl va holatni aniqlash qiyin bo‘ladi.

Tasvir segmentatsiyasi bo‘yicha ko‘plab yutuqlarga erishilgan bo‘lsada, hali ham ko‘plab muammolar mavjud – xususan, xususiyatlarni ifodalash, model tuzish va uni optimallashtirishda. Ayniqsa, semantik segmentatsiya yo‘nalishi, belgilarning cheklanganligi yoki siyrakligi, sinflar orasidagi nomutanosiblik, modelning haddan tashqari moslashuvi (overfitting), uzoq o‘quv vaqti va gradient yo‘qolishi kabi qiyinchiliklarga to’la. Tadqiqothilar tomonidab semantik segmentatsiya metodlari va keng qo‘llaniladigan ma’lumotlar to‘plamlarini ishlab chiqgan holda semantik segmentatsiyani baholash mezonlari va metodlarini tahlil qilishgan. Biroq hozirgacha tasvir segmentatsiyasi algoritmlarini texnologiyaning qanday rivojlanganligi nuqtai nazaridan umumlashtirib, tizimli ko‘rinishda tahlil qilgan sharhlar yetarli emas.

ISSN 3030-3907

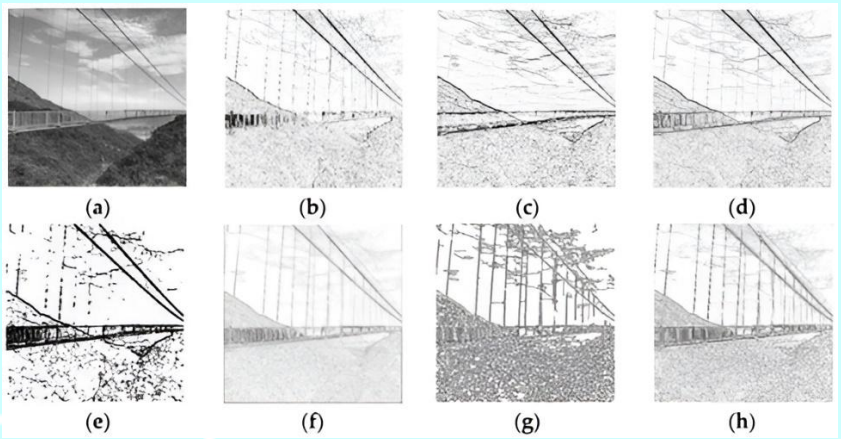
Shu sababli, mavjud segmentatsiya metodlarini – ayniqsa, ilg‘or texnologiyalarni (state-of-the-art) tizimli tarzda umumlashtirish zarur. Tasvir segmentatsiyasi sohasidagi mavjud usullarni algoritmlarning rivojlanish jarayoni nuqtai nazaridan tahlil qiladigan bo’lsak, bu usullarning ishlash mexanizmlarini, muhim algoritmlarni va chuqur neyron tarmoqlarga asoslangan semantik segmentatsiyaning asosiy texnikalarini tizimli ravishda o’rganib chiqish kerak bo’ladi.

Klassik Segmentatsiya Usullari

Klassik segmentatsiya algoritmlari dastlab kulrang tasvirlar (grayscale images) uchun taklif qilingan bo‘lib, ular asosan bir xil hududdagi kulrang darajalarining o‘xshashligini va turli hududlar orasidagi kulrang darajalaridagi uzilishlarni hisobga oladi. Umuman olganda, tasvirni bo‘lish (region division) kulrang daraja o‘xshashligiga asoslanadi, chekka (chegara) aniqlash esa kulrang darajadagi uzilishlarga asoslanadi. Rangli tasvir segmentatsiyasi esa piksellar orasidagi o‘xshashlikdan foydalanib, tasvirni turli sohalarga yoki superpiksellarga ajratadi, so‘ngra ushbu superpiksel sohalar birlashtiriladi.

Chegarani Aniqlash (Edge Detection)

Tasvirdagi kulrang darajasi keskin o‘zgaradigan joylar, odatda, turli hududlar orasidagi chegaralarni ifodalaydi. Chegara aniqlash vazifasi — aynan shu chegaralar ustida joylashgan nuqtalarni aniqlashdan iborat. Chegarani aniqlash segmentatsiyaning eng dastlabki usullaridan biri bo‘lib, u ba’zan paralel chegara usuli (parallel boundary technique) deb ham ataladi. Kulrang darajaning hosilasi yoki differensiali yordamida chegaradagi keskin o‘zgarishlar aniqlanadi. Amaliyotda, raqamli tasvirning hosilasi differensialning yaqinlashma farqi (difference approximation) orqali olinadi. Chegara aniqlash natijalarining namunasi 1-rasmda tasvirlangan.



1-rasm. Turli differensial operatorlar yordamida amalga oshirilgan chegara aniqlash natijalari: (a) Asl tasvir, (b) SobelX, (c) SobelY, (d) Sobel, (e) Kirsch, (f) Roberts, (g) Canny, (h) Laplasian.

ISSN 3030-3907

Chegarani aniqlash

Tasvirdagi kulrang darajalarning keskin o‘zgaradigan joylari, odatda, turli hududlar orasidagi chegaralarni bildiradi. Chegarani aniqlash vazifasi shu chegaralar ustidagi nuqtalarni aniqlashdan iborat. Bu usul segmentatsiyaning eng dastlabki yondashuvlaridan biri hisoblanadi va “paralel chegara texnikasi” deb ham yuritiladi. Chegara bo‘yicha o‘zgarishlarni aniqlash uchun kulrang darajaning hosilasi (derivativ yoki differensial) ishlatiladi. Raqamli tasvirdagi hosila differensialning farq bilan yaqinlashmasi orqali aniqlanadi. Chegarani aniqlash natijalarining namunasi 1-rasmda keltirilgan.

Bu operatorlar shovqinga sezgir bo‘lib, faqat kam shovqinli va soddaroq tasvirlar uchun mos keladi. 1-rasmda ko‘rsatilgan operatorlar ichida Canny operatori eng yaxshi natijani beradi. U kuchli shovqinga qarshi (denoising) qobiliyatga ega va chiziqlar segmentatsiyasini uzluksizlik, aniqlik va to‘g‘rilik bilan samarali amalga oshiradi. Biroq Canny operatori murakkabroq bo‘lib, ko‘proq bajarilish vaqtini talab qiladi. Amaliy sanoat ishlab chiqarishda, real vaqt talabi yuqori bo‘lsa, odatda thresholding gradyenti (chegaraviy gradient) ishlatiladi. Aksincha, sifat talabi yuqori bo‘lgan holatlarda ilg‘orroq Canny operatori tanlanadi.

Garchi differensial operatorlar turli hududlar orasidagi chegaralarni samarali aniqlay olsa-da, tasvirdagi yuqori detalga ega joylardagi uzluksiz nuqta va chiziqlar tufayli chegaralarning yopiq va uzluksiz bo‘lishi har doim ham kafolatlanmaydi. Shu sababli, differensial operatorlardan foydalanishdan avval tasvirni silliqlashtirish (smoothing) zarur bo‘ladi.

Yana bir chegara aniqlash usuli ketma-ket chegara texnikasi (serial boundary technique) bo‘lib, u chegara nuqtalarini bog‘lab, yopiq chegarani hosil qiladi. Bu texnikaga asosan graf asosidagi qidiruv algoritmlari va dinamik dasturlash algoritmlari kiradi. Graf asosidagi algoritmlarda chegara nuqtalari graf ko‘rinishida ifodalanadi va graf ichidagi eng kam xarajatli yo‘l qidirilib, yopiq chegaralar aniqlanadi – bu esa katta hisoblash xarajatlarini talab qiladi. Dinamik dasturlash esa hisoblash murakkabligini kamaytirish uchun evristik qoidalardan foydalanadi.

Aktiv konturlar usuli (active contours) – tasvirdagi lokal xususiyatlarga mos ravishda yopiq egri chiziq (boshlang‘ich kontur)ni obyekt konturlariga moslashtirish orqali haqiqiy konturlarni yaqinlashtiradi. Bu usul energiya funksiyasini minimallashtirish orqali minimal energiyaga ega egri chiziqni topadi. Biroq bu metod boshlang‘ich konturning joylashuviga sezgir bo‘lib, uni obyekt konturiga yaqinlashtirish zarur. Bundan tashqari, funksiyaning no-konveksligi (non-convexity) lokal minimumlarga olib kelishi mumkin, bu esa egri konturning konkav (ichkari egilgan) joylariga yaqinlashishini qiyinlashtiradi. Lankton va

ISSN 3030-3907

Tannenbaum lokal segmentatsiya energiyasidan foydalanib konturlarni evolyutsiyalantiruvchi usulni taklif qilgan, bu usul lokalga asoslangan global aktiv kontur energiyasi orqali boshlang‘ich joylashuvni aniqlashga va notekis xususiyatlarga ega obyektlarni samarali segmentatsiya qilishga imkon beradi.

Graf kesish (Graph Cuts) usuli – maqsad (obyekt) tugunlari (manba) va fon tugunlarini (chiqish) belgilaydi, so‘ngra turli tugunlar orasidagi vektor aloqalari tugunlar bilan mos keluvchi piksellar o‘rtasidagi “moslik darajasi”ni (jazolovchi funksiya) ifodalaydi. Graph cuts – bu NP-qiyin muammo bo‘lib, energiya funksiyasini minimallashtirish uchun samarali yaqinlashuv algoritmlaridan foydalaniladi. Bunga yarim-metrik bog‘lanishlarga asoslangan almashtirish algoritmi va metrik xossalarga asoslangan kengaytirish algoritmi kiradi. Freedman shakllarning oldindan ma’lum bilimlariga asoslangan interaktiv segmentatsiya uchun graph cuts algoritmini taklif qilgan, bu usul diffuz chegaralar yoki bir-biriga o‘xshash obyektlar mavjud bo‘lganda yuzaga keladigan noto‘g‘ri segmentatsiya muammolarini hal qilgan. Graph cuts algoritmlari ayniqsa tibbiy tasvirlarni tahlil qilish sohasida keng qo‘llaniladi.

Sohaga ajratish

Hududga ajratish strategiyasi ketma-ket (serial) va paralel (parallel) bo‘lish usullarini o‘z ichiga oladi. Thresholding — bu tipik paralel bo‘lish algoritmi hisoblanadi. Threshold (chegaraviy qiymat) odatda kulrang darajali gistogrammadagi “chuqurlik” nuqtasi sifatida aniqlanadi; ba’zida gistogrammadagi bu chuqurliklar chuqurroq yoki aniqroq ko‘rinishi uchun qo‘shimcha ishlov beriladi. Eng yaxshi kulrang threshold qiymati nolinchi yoki birinchi darajali kümülyativ momentlar asosida aniqlanadi, bu esa turli toifalarni ajratish qobiliyatini maksimal darajaga chiqaradi.

Ketma-ket hudud texnikasi hudud segmentatsiyasini bir nechta bosqichlarga bo‘lib ketma-ket bajarishni nazarda tutadi. Ushbu texnikaning asosiy bosqichlari – hududni o‘stirish (region growing) va hududlarni birlashtirish (region merging).

Hududni o‘stirish boshlang‘ich nuqta sifatida bir yoki bir nechta “urug‘” (ya’ni piksel yoki kichik hudud) tanlanadi. Bu urug‘lar atrofidagi o‘xshash xususiyatlarga ega bo‘lgan piksellar ma’lum qoidaga asosan birlashtiriladi. Bu jarayon hech qanday yangi piksel qo‘shib bo‘lmaydigan holatga yetguncha davom etadi.

Hududlarni birlashtirish – bu jarayon o‘stirishga o‘xshash bo‘lib, biroq bu usulda hududlar orasidagi o‘rtacha kulrang daraja farqlari ma’lum bir threshold (K) dan kichik bo‘lsa, ular birlashtiriladi. Bu metod shovqinli tasvirlar va obyektlar to‘silgan holatlarda yaxshi natija beradi hamda segmentatsiya miqyosini boshqarish va noodatiy ma’lumotlarni qayta ishlashda foydali hisoblanadi. Biroq,

ISSN 3030-3907

hisoblash xarajati yuqori va jarayonni qachon to‘xtatish kerakligini aniqlash mushkul.

Watershed algoritmi relyef tushunchasiga asoslangan. Agar suv pastdan ko‘tarilsa, suvning tepaliklarga chiqib ketmasligi uchun to‘g‘onlar quriladi. Ushbu to‘g‘onlar tepaliklar atrofida tasvirni bir nechta hududga ajratadi. Watershed yopiq konturlarni aniqlay oladi va yuqori qayta ishlash samaradorligiga ega. Biroq, murakkab tasvirlarda noto‘g‘ri segmentatsiyaga moyildir, bu esa Gaus aralash modeli (GMM) orqali hal qilinadi. Takomillashtirilgan watershed algoritmi yaxshi umumlashtirish xususiyatiga ega bo‘lib, MRI tasvirlari va raqamli relyef xaritalari segmentatsiyasida keng qo‘llaniladi, ayniqsa qoplashgan hujayralar (masalan, qon hujayralari) segmentatsiyasida samarali bo‘ladi.

Superpiksel – bu o‘xshash joylashuv va xususiyatlarga (yorug‘lik, rang, to‘qima va boshqalar) ega piksellardan iborat kichik, tartibsiz hududlardir. Superpiksellardan foydalanish tasvirni piksellar asosida emas, balki katta xususiyatli birliklar asosida ifodalash imkonini beradi va bu tasvirni qayta ishlash murakkabligini kamaytiradi. Superpiksel asosidagi segmentatsiya usullari, asosan, klasterlash va graf nazariyasiga asoslanadi.

Xulosa

Tasvir segmentatsiyasi raqamli tasvirlarni mazmunli bo‘laklarga ajratish orqali ularni tahlil qilish va tushunishni osonlashtiruvchi muhim jarayon hisoblanadi. Ushbu soha klassik yondashuvlardan tortib, chuqur o‘rganishga asoslangan zamonaviy metodlargacha sezilarli darajada rivojlandi. Klassik usullar, masalan, chegara aniqlash va hududga ajratish algoritmlari, oddiy tuzilishga ega tasvirlar uchun samarali bo‘lsada, murakkab va shovqinli tasvirlarda cheklovlarga ega.

Chuqur o‘rganishga asoslangan semantik segmentatsiya esa yuqori aniqlikdagi natijalarni taqdim etadi, ammo u katta hajmdagi belgilangan ma’lumotlar, katta hisoblash resurslari va uzoq o‘qitish vaqtini talab qiladi. Shuningdek, overfitting, sinflar nomutanosibligi va gradient yo‘qolishi kabi muammolarni hal etish zarur.

Shunday qilib, tasvir segmentatsiyasi hali to‘liq yechilmagan muammolarga ega murakkab yo‘nalish bo‘lib, ilg‘or algoritmlar, kuchli hisoblash modellari va samarali baholash mezonlari yordamida yanada rivojlanishi kutilmoqda. Kelajakda klassik va zamonaviy yondashuvlarning integratsiyasi ushbu sohaning yanada takomillashishiga olib keladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

ISSN 3030-3907

1. Anwesh, K.; Pal, D.; Ganguly, D.; Chatterjee, K.; Roy, S. Number plate recognition from enhanced super-resolution using generative adversarial network. Multimed. Tools Appl. 2022, 1–17. [Google Scholar] [CrossRef]
2. Jin, B.; Cruz, L.; Gonçalves, N. Deep Facial Diagnosis: Deep Transfer Learning from Face Recognition to Facial Diagnosis. IEEE Access 2020, 8, 123649–123661. [Google Scholar] [CrossRef]
3. Zhao, M.; Liu, Q.; Jha, R.; Deng, R.; Yao, T.; Mahadevan-Jansen, A.; Tyska, M.J.; Millis, B.A.; Huo, Y. VoxelEmbed: 3D Instance Segmentation and Tracking with Voxel Embedding based Deep Learning. In Proceedings of the International Workshop on Machine Learning in Medical Imaging, Strasbourg, France, 27 September 2021; Volume 12966, pp. 437–446. [Google Scholar] [CrossRef]
4. Yao, T.; Qu, C.; Liu, Q.; Deng, R.; Tian, Y.; Xu, J.; Jha, A.; Bao, S.; Zhao, M.; Fogo, A.B.; et al. Compound Figure Separation of Biomedical Images with Side Loss. In Proceedings of the Deep Generative Models, and Data Augmentation, Labelling, and Imperfections, Strasbourg, France, 1 October 2021; Volume 13003, pp. 173–183. [Google Scholar] [CrossRef]
5. Minaee, S.; Boykov, Y.; Porikli, F.; Plaza, A.; Kehtarnavaz, N.; Terzopoulos, D. Image Segmentation Using Deep Learning: A Survey. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 2022, 44, 3523–3542. [Google Scholar] [CrossRef] [PubMed]
6. Zhang, X.; Yao, Q.A.; Zhao, J.; Jin, Z.J.; Feng, Y.C. Image Semantic Segmentation Based on Fully Convolutional Neural Network. Comput. Eng. Appl. 2022, 44, 45–57. [Google Scholar]
7. Garcia-Garcia, A.; Orts-Escolano, S.; Oprea, S.; Villena-Martinez, V.; Martinez-Gonzalez, P.; Garcia-Rodriguez, J. A survey on deep learning techniques for image and video semantic segmentation. Appl. Soft Comput. 2018, 70, 41–65. [Google Scholar] [CrossRef]
8. Yu, Y.; Wang, C.; Fu, Q.; Kou, R.; Wu, W.; Liu, T. A Survey of Evaluation Metrics and Methods for Semantic Segmentation. Comput. Eng. Appl. 2023; online preprint. [Google Scholar]

ISSN 3030-3907