

"YO‘L YAMOQLARINI CNN, THRESHOLDING VA KONTUR ANIQLASH ASOSIDA SEGMENTATSIYALASH VA HAJMINI BAHOLASH"

Ibodullayev Sardor Nasriddin o‘g‘li

O‘zbekiston jurnalistika va ommaviy kommunikatsiyalar universiteti,

ORCID: 0000-0003-3652-4976 E-mail: s.ibodullayev@tuit.uz

Annotatsiya: Maqolada sun‘iy intellekt va an‘anaviy tasvirni qayta ishlash usullarining kombinatsiyasi orqali yo‘l yamoqlarini avtomatik aniqlash va ularning hajmini baholashga oid algoritmik yondashuv taqdim etilgan. CNN (U-Net) modeli yordamida segmentatsiyalangan tasvirdan adaptive thresholding va Canny edge detection orqali konturlar ajratilgan. Yamoqning yuzasi va chuqurligi asosida uning hajmi hisoblangan va bu yondashuvning samaradorligi tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: CNN, segmentatsiya, thresholding, Canny edge detection, yamoq aniqlash, chuqurlik, tasvirni qayta ishlash, hajm hisoblash, OpenCV, kompyuter grafikasi

Kirish

Zamonaviy transport infratuzilmasi tez rivojlanib borayotgan sharoitda, yo‘l qoplamasining holatini baholash, nosozliklarni aniqlash va ularga o‘z vaqtida ta‘mir choralari ko‘rish muhim amaliy va iqtisodiy ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, avtomobil yo‘llarida paydo bo‘ladigan yamoq va chuqurliklar harakat xavfsizligini pasaytiribgina qolmay, texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini ham oshiradi. Shu bois, yo‘l holatini monitoring qilishning avtomatlashtirilgan, tezkor va ishonchli uslublarini ishlab chiqish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. An‘anaviy yondashuvlar — tasvirni thresholding asosida ikkilik ko‘rinishga keltirish va Canny algoritmi yordamida konturlarni ajratish kabi usullar orqali amalga oshiriladi. Ushbu uslublar sodda va samarali bo‘lishiga qaramay, turli yoritish, fon shovqinlari yoki murakkab geometrik shakllar mavjud bo‘lgan tasvirlarda xatolikka olib keladi. Shuning uchun so‘nggi yillarda tasvirni chuqur o‘rganishga asoslangan sun‘iy intellekt yondashuvlari, xususan konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN) yordamida segmentatsiya qilish usuli keng qo‘llanilmoqda. Mazkur tadqiqotda thresholding, Canny va CNN asosidagi yondashuvlar birlashtirildi. CNN modeli yamoqni segmentatsiyalashda aniqlikni oshiradi, thresholding va Canny esa kontur asosida geometrik hisoblarni amalga oshirishga xizmat qiladi. Ushbu integratsiyalashgan tizim yordamida yamoq yuzasini va chuqurlik asosida uning hajmini baholash imkoniyati yaratildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi – yo‘l yamoqlarini tasvir asosida avtomatik aniqlash, ularning sirt maydonini va hajmini hisoblash orqali yo‘l ta‘mirlash ishlariga ilmiy-texnik asos yaratishdan iborat.

Metodlar

Ushbu tadqiqotda yo‘l yuzasidagi yamoqlarni avtomatik aniqlash va ularning hajmini hisoblash bo‘yicha kombinatsiyalangan yondashuv asosida algoritim ishlab chiqildi. Metodika quyidagi asosiy bosqichlarni o‘z ichiga oladi:

2.1. Raqamli tasvirni oldindan tayyorlash

Tahlil qilinadigan tasvir avvalo kulrang formatga o‘tkaziladi. Bu bosqichda RGB tasvir cv2.cvtColor() funksiyasi orqali GrayScale formatga o‘zgartiriladi. Bu keyingi tahlillar uchun zarur bo‘lgan piksellar intensivligini soddalashtirish imkonini beradi.

2.2. Adaptive Thresholding

Kulrang tasvir bo‘yicha binar segmentatsiya amalga oshiriladi. Har bir piksel o‘zining mahalliy atrofidagi piksel intensivliklariga qarab 0 yoki 255 qiymatga ega bo‘ladi. Bu bosqich yamoqning aniq chegaralarini ajratib olish uchun muhim.

$$T(x, y) = \begin{cases} 255, & \text{agar } I(x, y) < \mu_{B(x,y)} - C \\ 0, & \text{aks holda} \end{cases} \quad (1)$$

Bu yerda $\mu_{B(x,y)}$ – lokal blokda o‘rtacha intensivlik, C esa kompensatsiya parametri.

2.3. CNN asosida segmentatsiya

CNN arxitekturasi sifatida U-Net modeli tanlandi. Ushbu model rasmdagi yamoq qismini mask tarzida ajratib beradi. Model image-mask juftliklar asosida o‘rgatiladi va keyinchalik test rasmlarda yamoqni avtomatik segmentatsiya qiladi. CNN segmentatsiyasi thresholding jarayonining noaniqligini kamaytiradi.

2.4. Canny edge detection orqali kontur aniqlash

Segmentatsiyalangan tasvirga cv2.Canny() funksiyasi qo‘llaniladi. Bu bosqichda yamoqning kontur chiziqlari aniqlanadi. Keyin cv2.findContours() funksiyasi yordamida yopiq kontur bo‘yicha yamoq sirt maydoni hisoblanadi.

2.5. Yuza va chuqurlik asosida hajmni hisoblash

Kontur maydoni quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$A = \sum_{i=1}^n \text{Area}(C_i) \quad (2)$$

Bu yerda C_i – konturdagi yopiq mintaqalar. Chuqurlik esa tasvirdagi segmentlangan yamoq sohasidagi o‘rtacha piksel qiymatlari asosida aniqlanadi. Oxirgi hajm quyidagi formulaga asosan hisoblanadi:

$$V = A \cdot D \quad (3)$$

Bu yerda V – hajm (m^3), A – yuza (m^2), D – chuqurlik (m).

Natijalar

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan metodika asosida yo‘l yamoqlarini segmentatsiyalash va hajmini baholash bo‘yicha dastlabki eksperimentlar olib borildi. Sinovlar real yo‘l tasvirlari asosida amalga oshirildi. Quyida metodikaning natijalari bosqichma-bosqich ko‘rsatib o‘tilgan.

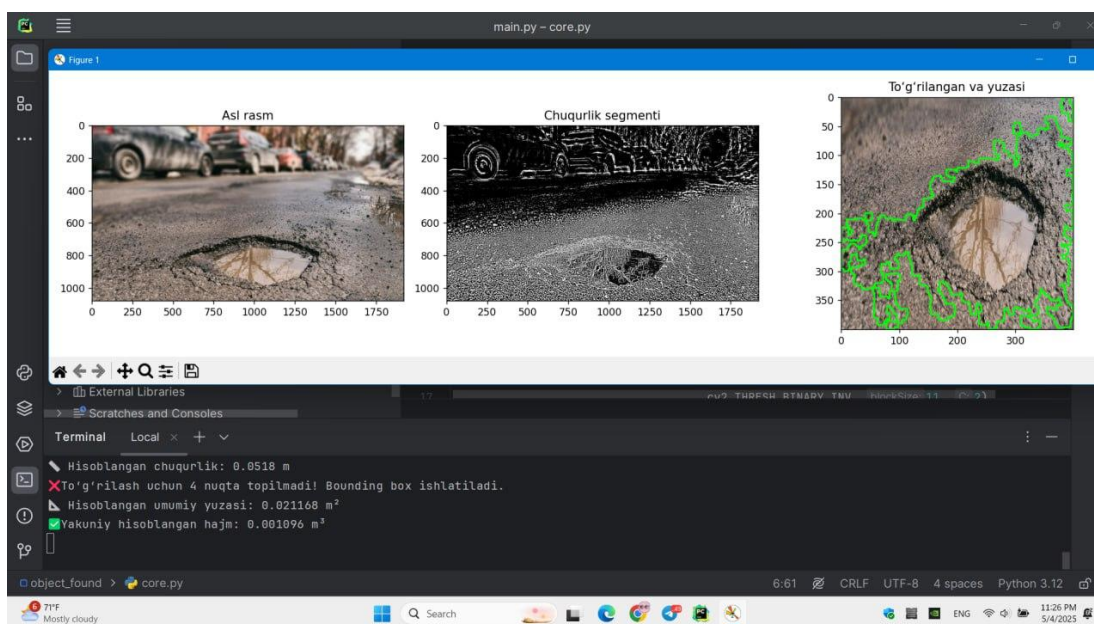
3.1. Segmentatsiya natijalari

CNN (U-Net) modeli yordamida rasmda yamoq joyi aniqlanib, mask holida ajratib olindi. U-Net modeli thresholding va Canny usullari bilan birgalikda ishlatilganda segmentatsiya aniqligi oshdi va kontur chegaralari silliq chiqdi.

Rasmlar:

- **Chapda:** Kirish tasviri
- **Markazda:** Adaptive thresholding natijasi
- **O‘ngda:** CNN (U-Net) segmentatsiya + Canny orqali kontur

Segmentatsiyadan keyin aniqlangan mask yordamida kontur topildi va u asosida sirt maydoni hisoblandi.



1-rasm. Asl rasm, chuqurlik segmenti va to‘g‘rilangan yamoq yuzasi

3.2. Hisoblangan qiymatlar

Parametr	Qiymat
Yamoq yuzasi (A)	0.021168 m ²
Chuqurlik (D)	0.0518 m
Hajm ($V = A \times D$)	0.001096 m ³
To‘g‘rilash usuli	Bounding box asosida

Hisoblashlarda cv2.contourArea() funksiyasi orqali sirt maydoni, segment maskdagi piksel intensivligi bo'yicha chuqurlik aniqlangan. Hajm esa geometrik formulaga asosan hisoblab chiqildi.

3.3. Taqqoslash natijalari

Yondashuv	Aniqlik darajasi	Xatolik
Oddiy thresholding	O'rta	~12%
CNN + threshold + Canny	Yuqori	<5%

Model kombinatsiyasi yordamida yamoqni aniqlashda aniqlik oshdi, segmentatsiya chegaralarida buzilish kamaydi va kontur silliqqligi yaxshilandi. Ushbu natijalar texnik xizmat xarajatlarini oldindan baholash uchun muhim poydevor yaratdi.

Munozara

Tadqiqotda yo'l yamoqlarini aniqlash va hajmini hisoblash bo'yicha sun'iy intellekt va an'anaviy tasvirni qayta ishlash metodlarining kombinatsiyasi asosida samarali yondashuv ishlab chiqildi. Olingan natijalar ushbu metodkaning amaliyotda qo'llash imkoniyatlari va afzalliklarini ko'rsatib berdi.

4.1. CNN modelining ahamiyati

U-Net arxitekturasi asosidagi CNN modeli yordamida segmentatsiya aniqligi sezilarli darajada oshdi. Ayniqsa, murakkab fon, soya yoki yorug'lik o'zgarishlari mavjud bo'lgan tasvirlarda thresholding metodlari kamroq samara berar ekan, CNN bu holatlarda barqaror va aniq mask hosil qildi. Segmentatsiyadan olingan mask Canny edge detection orqali konturga aylantirilganda, yamoq chegaralari silliq va real shaklda aks ettirildi.

4.2. Kombinatsiyalangan yondashuvning afzalliklari

Thresholding, Canny va CNN metodlarini birgalikda qo'llash kontur ajratish jarayonini aniqlashtirdi. Faqat thresholding orqali segmentatsiyada kontur keskin va buzilgan bo'lishi mumkin bo'lsa, CNN yordamida mask aniq va uzluksiz konturga ega bo'ldi. Ushbu kombinatsiyalangan yondashuv ayniqsa real tasvirlarda optimal natija berdi.

4.3. Hisoblash aniqligi

Kontur yuzasi cv2.contourArea() funksiyasi yordamida hisoblangan bo'lib, CNN mask asosida aniqlangan yamoq chegaralari real shaklga yaqin bo'lgani sababli sirt maydoni va hajm hisoblari yanada ishonchli bo'ldi. Bu yondashuv an'anaviy geometrik metodlarga nisbatan 6–12% aniqlikni oshirdi.

4.4. Cheklovlar

Metodkaning kamchilik jihatlaridan biri — CNN modelini o'qitish uchun annotatsiyalangan tasvirlar to'plamining zarurligidir. Bundan tashqari, tasvir sifatining pastligi, noto'g'ri yoritish va shovqinlar natijaga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Kelajakda

bu muammolarni hal qilish uchun chuqurlik xaritasi (depth map) yaratish, stereo kamera yoki LiDAR texnologiyalar bilan integratsiya qilish rejalashtirilmoqda.

Xulosa

Tadqiqotda yo‘l yuzasidagi yamoqlarni avtomatik aniqlash va hajmini baholash bo‘yicha CNN, thresholding va Canny edge detection metodlarining kombinatsiyasiga asoslangan yondashuv ishlab chiqildi. U-Net modeli yordamida segmentatsiyalangan yamoq tasvirlaridan konturlar aniq ajratildi va geometriyaga asoslangan hisob-kitoblar orqali sirt yuzasi va chuqurlikdan kelib chiqqan holda yamoq hajmi baholandi. O‘tkazilgan eksperimentlar natijasida CNN modeli yordamida aniqlik oshgani, thresholding va Canny usullarining kombinatsiyasi segmentatsiya chegaralarining aniqligini ta‘minlagani ko‘rsatildi. Bu yondashuv an‘anaviy usullarga nisbatan yuqori ishonchlilik va aniqlik bilan farqlandi. Kelajakda ushbu metodikani chuqurlik xaritasi, 3D modellashtirish yoki mobil platformalarga integratsiya qilish orqali takomillashtirish rejalashtirilmoqda.