DOI: 10.65322/j.srd.05192026.101

KADASTR KARTALARINI YARATISH METODIKASINI SUN'IY INTELLEKT NEGIZIDA TAKOMILLASHTIRISH

Allanazarov O. R., *DSc, dotsent,*
Fathiddinova M. O'., *doktorant,*
Marksheyderlik ishi va geodeziya kafedrasi,
Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti

Annotatsiya. *Maqolada kadastr kartalarini yaratishda geografik axborot tizimlari, masofadan zondlash va sun'iy intellekt vositalarini birlashtirishga qaratilgan nazariy-metodik yondashuv taklif etiladi. Maqsad tasvirlardan chegaralarni dastlabki ajratish, vektorlashtirish va ekspert tekshiruvini izchil jarayonga birlashtirishdir. Usul segmentatsiya arxitekturalari hamda geofazoviy ma'lumot almashinuvi vositalarini qiyosiy tahlil qilishga asoslanadi. Metodik natija sifatida ma'lumot tayyorlashdan tekshirilgan qatlamni eksport qilishgacha bo'lgan bosqichlar va sifatni baholash mezonlari tizimlashtirilgan. Tasvirdagi fizik kontur huquqiy kadastr chegarasiga avtomatik tenglashtirilmaydi. Tajriba hududi, o'qitilgan model va o'lchov natijalari taqdim etilmaganligi sababli aniqlik yoki vaqt bo'yicha yutuqlar tasdiqlangan natija sifatida berilmaydi. Metodikaning samaradorligini mustaqil etalon ma'lumotlar asosida tekshirish zarur.*

Аннотация. *Предложен теоретико-методический подход к созданию кадастровых карт, объединяющий геоинформационные системы, дистанционное зондирование и искусственный интеллект. Цель — связать предварительное выделение границ на изображениях, векторизацию и экспертную проверку в последовательный процесс. Метод основан на сравнительном рассмотрении архитектур сегментации и средств обмена геопространственными данными. Методическим результатом является систематизация этапов от подготовки изображений до экспорта проверенного слоя и критериев оценки качества. Видимый физический контур не отождествляется автоматически с юридической кадастровой границей. Экспериментальная территория, обученная модель и результаты измерений не представлены, поэтому повышение точности и сокращение времени рассматриваются как ожидаемые эффекты. Эффективность подхода требует проверки по независимым эталонным данным.*

Abstract. *This paper proposes a theoretical and methodological approach to cadastral mapping that combines geographic information systems, remote sensing and artificial intelligence. Its objective is to connect preliminary boundary extraction, vectorization and expert verification within a consistent workflow. The method draws on a comparative review of segmentation architectures and geospatial data exchange tools. The methodological output is a structured sequence from image preparation to export of a verified layer, together with quality assessment criteria. A visible physical contour is not automatically equivalent to a legal cadastral boundary. No study area, trained model or measurement results are supplied; improvements in accuracy and processing time are therefore treated as expected effects rather than demonstrated findings. Independent reference data are required to validate practical performance.*

Kalit so'zlar: *kadastr kartasi; geografik axborot tizimi; sun'iy intellekt; masofadan zondlash; U-Net; segmentatsiya; vektorlashtirish.*

Ключевые слова: *кадастровая карта; геоинформационная система; искусственный интеллект; дистанционное зондирование; U-Net; сегментация; векторизация.*

Keywords: *cadastral map; geographic information system; artificial intelligence; remote sensing; U-Net; segmentation; vectorization.*

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.101

Kirish. Yer resurslarini boshqarishda kadastr kartalari fazoviy obyektlarni aniqlash va ular haqidagi ma’lumotlarni bog‘lash uchun zarur. Kartalarni yangilashda geodezik o‘lchashlar, mavjud hujjatlar va tasviriy ma’lumotlar birgalikda ko‘rib chiqiladi. Yer boshqaruviga maqsadga mos yondashuv fazoviy, huquqiy va institutsional shartlarni uyg‘unlashtirishni nazarda tutadi [1]. Shu sababli tasvirni qayta ishlash jarayonini avtomatlashtirish huquqiy tekshiruv o‘rnini bosa olmaydi.

Chuqur o‘rganish tasvirlardan belgilarni ajratish va tasniflash imkoniyatlarini kengaytiradi [2]. Biroq kadastr vazifasida daraxt, devor, yo‘l yoki ekin maydoni cheti har doim ro‘yxatdan o‘tgan yer uchastkasi chegarasi bilan mos kelmaydi. Tadqiqotning maqsadi mavjud segmentatsiya vositalarini GATdagi vektorlashtirish, topologik nazorat va mutaxassis tekshiruvi bilan bog‘lovchi metodik ketma-ketlikni taklif etishdir. Maqola yangi neyron tarmoq yoki tajribada tasdiqlangan aniqlik ustunligini da’vo qilmaydi.

Usullar. Ish nazariy-metodik xususiyatga ega. Segmentatsiyaga oid birlamchi maqolalar, dasturiy vositalarning rasmiy hujjatlari va geofazoviy ma’lumot almashish standarti qiyosiy ko‘rib chiqildi. Bu tizimli bibliografik sharh yoki bajarilgan tajriba hisoboti emas. Manbalar vazifasi tasvirni segmentatsiya qilish, natijani GATda qayta ishlash va tekshirilgan ma’lumotni almashish bosqichlarini asoslash bilan cheklanadi.

To‘liq konvolyutsion tarmoqlar piksellar darajasidagi semantik segmentatsiyaga asos bo‘ladi [3]. U-Net kontekstni o‘rganish va fazoviy tafsilotlarni tiklashni birlashtiradi, ammo uning dastlabki natijalari biotibbiy tasvirlarga tegishli; kadastrga moslash uchun alohida belgilangan ma’lumotlar zarur [4]. Mask R-CNN obyekt nusxalarini segmentatsiyalashga [5], DeepLabV3+ esa semantik segmentatsiya va konturlarni aniqlashtirishga yo‘naltirilgan [6]. Ushbu arxitekturalar bir xil vazifani aynan bir xil usulda bajarmaydi; tanlov chiqish qatlamining turi va etalon belgilashga bog‘liq.

Sun’iy intellekt va GAT integratsiyasi mutlaqo yangi yechim sifatida talqin qilinmaydi. Masalan, ArcGIS Pro hujjatlarida oldindan o‘qitilgan yoki maxsus chuqur o‘rganish modellari yordamida obyektlarni ajratish va natijalarni keyingi qayta ishlash vositalari berilgan [7]. Mazkur ishning vazifasi mavjud imkoniyatlarni kadastr ma’lumotlarining sifat nazorati bilan izchil bog‘lashdir.

Ma’lumot tanlashda fazoviy aniqlik vazifaga mos bo‘lishi kerak. Sentinel-2 kanallari 10, 20 va 60 m fazoviy o‘lchamlarga ega [8]; shu bois ularni kichik uchastkalarning aniq chegaralarini aniqlash uchun yuqori aniqlikdagi ortofoto bilan tenglashtirish mumkin emas. Bunday tasvirlar hududiy monitoring uchun yordamchi bo‘lishi mumkin. UUA yoki yuqori aniqlikdagi sun’iy yo‘ldosh tasviri tanlanganda piksel o‘lchami, surat sanasi, koordinatalar tizimi, bulut va soya ulushi qayd etilishi lozim.

Boshlang‘ich konsepsiyaning tarkibiy qismlari 1-rasmda berilgan. Undagi bazaga avtomatik integratsiya qilish bosqichi tekshirilgan ma’lumotni texnik uzatish imkoniyatini anglatadi; rasmda ko‘rsatilgan barcha tasvir manbalari bir xil geometrik aniqlikni ta’minlamaydi.

Jarayon bosqichlari, bajariladigan amallar va chiqish natijalari 1-jadvalda keltirilgan. Bu bosqichlar bajarilgan tajriba tavsifi emas, amaliy sinov uchun taklif etilayotgan ish tartibidir.

Eksportda GeoPackage kabi ochiq formatdan foydalanish vektor obyektlar va atributlarni bir konteynerda saqlash imkonini beradi [9]. Bu formatga moslik davlat kadastri tizimiga avtomatik qabul qilinishni kafolatlamaydi. Qabul qiluvchi tizimning sxemasi, identifikatorlari, koordinatalar tizimi va tekshirish tartibi alohida kelishilishi kerak. Bunday tashkiliy va texnik uyg‘unlik geofazoviy ma’lumotlarni integratsiyalashning kengroq boshqaruv doirasiga kiradi [10].

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.101



1-rasm. Sun’iy intellekt, masofadan zondlash va GATni birlashtiruvchi metodikaning tarkibiy qismlari

1-jadval

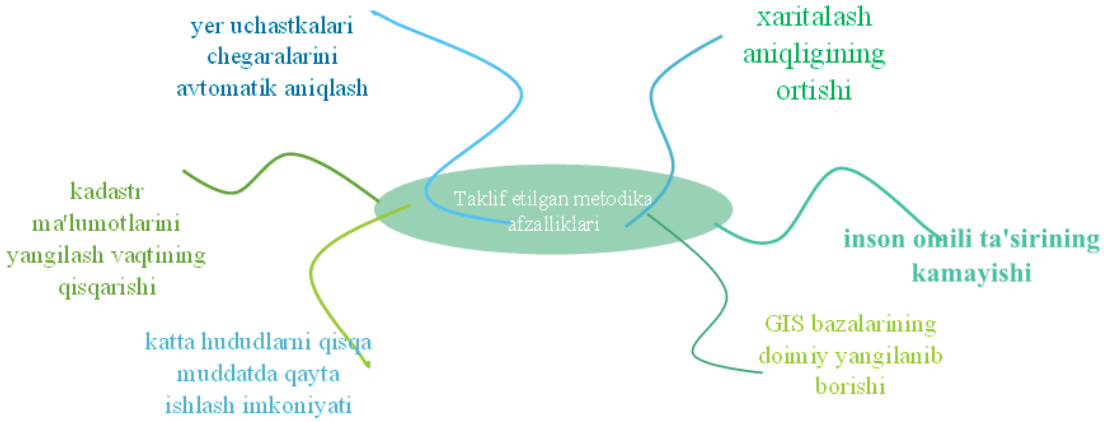
Kadastr qatlamini tayyorlash va tekshirish bosqichlari

Bosqich	**Bajariladigan amal**	**Chiqish natijasi**
1. Tayyorlash	Tasvir sifati, sanasi va koordinatalar tizimini tekshirish; geometrik moslashtirish.	Bir xil fazoviy asosdagi tasvir va metama’lumot.
2. Belgilash	Ko‘rinadigan konturlarni ekspert belgilashi; hujjatdagi chegaralarni alohida saqlash.	Belgilangan o‘qitish, sozlash va sinov hududlari.
3. Segmentatsiya	Tanlangan modelni o‘qitish va mustaqil hududda sinash.	Dastlabki niqob yoki chegara ehtimoli qatlami.
4. Vektorlashtirish	Kontur va poligon hosil qilish; uzilish, ustma-ustlik va bo‘shliqlarni tekshirish.	Topologik tekshiruvdan o‘tgan loyiha qatlami.
5. Tasdiqlash	Etalon o‘lchov va tegishli hujjatlar bilan solishtirish; noaniq joylarni qo‘lda tekshirish.	Tekshirilgan obyekt va tahrirlar qaydi.
6. Almashish	Identifikator, atribut va formatni qabul qiluvchi tizim talabiga moslashtirish.	Qabul qilish tekshiruviga yuboriladigan eksport fayli.

Natijalar. Metodik natija sifatida ma’lumot tayyorlash, segmentatsiya, vektorlashtirish, topologik nazorat, ekspert tekshiruvi va eksport bosqichlari yagona ketma-ketlikka keltirildi. U-Net boshlang‘ich sinov modeli sifatida taklif etiladi; uning boshqa modellardan ustunligi mazkur ishda tekshirilmagan. Dastlabki avtomatik kontur va tasdiqlangan kadastr obyektini alohida saqlash, har bir tahrirning manbasi va sanasini qayd etish metodikaning zarur qismi sifatida belgilanadi.

Kutilayotgan samaralar 2-rasmda umumlashtirilgan. Vaqt qisqarishi, aniqlik oshishi va inson omili ta’sirining kamayishi tajribaviy natija emas, tekshirilishi lozim bo‘lgan farazlardir. Ushbu ishda tasvirlar soni, o‘qitish parametrlari, sinov hududi va o‘lchangan natijalar mavjud emas.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.101



2-rasm. Taklif etilgan metodikadan kutilayotgan va empirik tekshiruvni talab qiladigan samaralar

Amaliy qo‘llash natijasida xaritalarni yaratish vaqti sezilarli darajada qisqaradi hamda xaritalarning geometrik aniqligi oshadi. Sun'iy intellekt yordamida avtomatik aniqlangan chegaralar GIS mutaxassisi tomonidan tekshirilgach davlat kadastri bazasiga bevosita kiritilishi mumkin.

Metodikani baholash uch darajada rejalashtiriladi: piksellar yoki konturlarni ajratish sifati, vektor obyektlarning geometrik-topologik sifati va to‘liq ish jarayonining mehnat sarfi. Segmentatsiya uchun precision, recall, F1 va IoU ko‘rsatkichlari, chegaralar uchun esa oldindan belgilangan masofa toleransidagi moslik baholanishi mumkin. Faqat piksel aniqligi yuqori bo‘lishi huquqiy chegara to‘g‘ri tiklanganini bildirmaydi.

O‘qitish va sinov namunalari hududlar bo‘yicha ajratilishi, bir hududning yonma-yon tasvir bo‘laklari ikkala guruhga aralashmasligi kerak. Taqqoslash bir xil tasvirlar, etalon va apparat muhitida qo‘lda raqamlashtirish bilan bajariladi. Vaqt bahosiga model ishlashi bilan birga ekspert tekshiruvi va tahrirlash ham kiritiladi. Natijalar hudud turi, soya, o‘simlik qoplami va kontur ko‘rinuvchanligi kesimida ajratib berilishi zarur. Bular kelgusi sinov talablari bo‘lib, bajarilgan hisob natijasi sifatida taqdim etilmaydi.

Muhokamalar. Yondashuvning amaliy qiymati avtomatik natijani tekshiriladigan loyiha qatlami sifatida tashkil etishidadir. Soya, to‘siq va bir-biriga o‘xshash yer qoplami konturlarni noto‘g‘ri ajratishga olib kelishi mumkin. Ko‘rinmaydigan yoki hujjatlardagi joylashuvi tasvirdan farqlanadigan chegaralar ekspert va zarur bo‘lsa dala tekshiruvini talab qiladi. Maqsadga mos yer boshqaruvi tamoyillari ham fazoviy ma’lumotni huquqiy va tashkiliy asoslardan ajratmaslik zarurligini ko‘rsatadi [1].

Ishning asosiy cheklovi empirik validatsiya yo‘qligidir. Shuningdek, mavjud GAT vositalari bilan funksional qiyos, ma’lumotlar bazasi sxemasi va aniq joriy etish muhiti ishlab chiqilmagan. Shu sababli taklifni yangi algoritm yoki tayyor davlat kadastri tizimi sifatida emas, amaliy sinov uchun metodik asos sifatida baholash lozim. Mualliflik hissasi mavjud vositalarni sifat nazorati bosqichlari bilan tizimlashtirish doirasida ifodalanadi.

Xulosalar. Sun’iy intellekt yordamida kadastr kartalarini tayyorlashda tasvirlarni qayta ishlash, chegaralarni dastlabki ajratish va vektorlashtirishni avtomatlashtirish imkoniyatlari mavjud. Taklif etilgan metodika bu amallarni topologik nazorat, ekspert tekshiruvi va ma’lumot almashish bosqichlari bilan bog‘laydi. Uchastkaning tasvirdagi konturi va huquqiy chegarasi farqlanishi hamda bazaga kiritishdan oldin tekshirilishi shart.

Kelgusida aniq tajriba hududi, mustaqil etalonlar, o‘qitish parametrlari va hisoblash muhiti asosida metodika sinovdan o‘tkazilishi lozim. Aniqlik, vaqt va ekspert tahriri hajmi birgalikda

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.101

baholangandan keyingina amaliy samaradorlik haqida miqdoriy xulosa chiqarish mumkin. Ko‘p vaqtli tasvirlar va bulutli GAT bilan ishlash keyingi rivojlantirish yo‘nalishi hisoblanadi; real vaqt rejimida yangilanish bu ishda amalga oshirilmagan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Enemark S., McLaren R., Lemmen C. Fit-for-Purpose Land Administration: Guiding Principles for Country Implementation. – Nairobi: UN-Habitat/GLTN, 2016. URL: https://unhabitat.org/fit-for-purpose-land-administration-guiding-principles-for-country-implementation (murojaat sanasi: 27.10.2026).

2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge, MA: MIT Press, 2016. – 775 p.

3. Long J., Shelhamer E., Darrell T. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation // Proceedings of CVPR. – 2015. – P. 3431–3440.

4. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // MICCAI 2015. Lecture Notes in Computer Science. – Vol. 9351. – Springer, 2015. – P. 234–241.

5. He K., Gkioxari G., Dollár P., Girshick R. Mask R-CNN // Proceedings of ICCV. – 2017. – P. 2961–2969.

6. Chen L.-C., Zhu Y., Papandreou G., Schroff F., Adam H. Encoder-Decoder with Atrous Separable Convolution for Semantic Image Segmentation // Proceedings of ECCV. – 2018. – P. 801–818.

7. Esri. Extract Features Using AI Models (Image Analyst). ArcGIS Pro 3.1 Documentation. URL: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.1/tool-reference/image-analyst/extract-features-using-ai-models.htm (murojaat sanasi: 27.10.2026).

8. European Space Agency. Sentinel-2: Colour vision for Copernicus. Mission information sheet. URL: https://archiv.d-copernicus.de/fileadmin/Content/Bilder/sentinels/SENTINEL-2_sheet_170125_1_.pdf (murojaat sanasi: 27.10.2026).

9. Open Geospatial Consortium. OGC GeoPackage Encoding Standard. Version 1.4.0. OGC 12-128r19. URL: https://www.ogc.org/standards/geopackage/ (murojaat sanasi: 27.10.2026).

10. United Nations. Integrated Geospatial Information Framework. Part 1: Overarching Strategic Framework. – 2018. URL: https://ggim.un.org/meetings/ggim-committee/8th-session/documents/part%201-igif-overarching-strategic-framework-24july2018.pdf (murojaat sanasi: 27.10.2026).