

**АЕРОКОСМИК (СПУТНИК) ВА ДРОН (UAV) МАЪЛУМОТЛАРИНИ  
ИНТЕГРАЦИЯ ҚИЛИШ ОРҚАЛИ ИНСОН ОМИЛИСИЗ, СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ  
ЁРДАМИДА ЕР ХАРИТАЛАРИНИ ТУЗИШ ВА ХАТОЛИКЛАРНИ  
МИНИМАЛЛАШТИРИШ**

**Абдуллаев А.Х**

*“Кадастр агентлиги” ўринбосари т.ф.д., доцент,*

**Тураев Р.А**

*“Ўздаверлойиҳа” ДИЛИ Бош директори т.ф.д., профессор,*

**Абдуллаев А.А**

*“IT-Park - Дастурий маҳсулотлар ва ахборот технологиялари технологик парки дирекцияси” МЧЖ Худудларни ривожлантириш бўйича директори,*

**Абдуллева Н**

*“Рақамли ҳукумат лойиҳаларини бошқариш маркази” бош мутахассиси.*

**Аннотация:** Ушбу мақолада ер ресурсларини хариталаш жараёнида инсон омилини истисно қилиш мақсадида сунъий йўлдош ва дронлардан олинган юқори аниқликдаги маълумотларни интеграция қилишга асосланган сунъий интеллект тизими тадқиқ этилган. Тадқиқотда спутник (Sentinel-2, Landsat-9) ва дрон (RGB, LiDAR) маълумотларини Multi-Level Data Fusion усули орқали бирлаштириш, тасвирларни автоматик мослаштириш (Image Registration), супер-резолюция ва семантик сегментация алгоритмларини қўллаш масалалари кўриб чиқилган. CNN, Transformer, GAN ва Edge AI технологиялари асосида хариталарни автоматик генерация қилиш ҳамда хатоликларни минималлаштириш механизмлари таклиф этилган. Тадқиқот натижаларига кўра, интеграциялашган сунъий интеллект тизими анъанавий хариталаш усуллариغا нисбатан аниқликни 5–10 см гача ошириш, вақт сарфини 70–80% га қисқартириш ва инсон хатоларини минимал даражага тушириш имконини беради. Мазкур ёндашув “рақамли ер” концепциясини амалга оширишда муҳим аҳамият касб этади.

**Калит сўзлар:** ер ресурслари, автоматик хариталаш, сунъий интеллект, спутник тасвирлари, дрон технологиялари, Data Fusion, Semantic Segmentation, Super-Resolution, Edge AI, кадастр тизими.

Мақолада ер ресурсларини хариталашда инсон омилини истисно қилиш учун сунъий йўлдош тасвирлари ва дронлардан олинган юқори аниқликдаги маълумотларни бирлаштириш (Data Fusion) усуллари тадқиқ этилади. Тадқиқотда Сунъий интеллект моделлари (CNN, Transformer) ёрдамида хатоликларни минималлаштириш ва хариталарни автоматик генерация қилиш механизмлари кўриб чиқамиз.

Мазкур соҳанинг долзарблиги борасида анъанавий хариталаш усуллари кўп вақт талаб этади ва инсон хатосига йўл қўйиш эҳтимоли юқори бўлиб бу эса 2026 йилга келиб, динамик хариталарга бўлган эҳтиёж ортишига сабаб бўлмоқда. Спутник маълумотлари қамрови кенг, лекин аниқлиги паст (Low resolution) дрон маълумотлари аниқ, лекин қамрови чекланганлигини кўрсатмоқда. Бу борада, икки манбали маълумотларни интеграция қилиш орқали юқори аниқликдаги ва кенг кўламли автоматик хариталаш тизимини яратиш эътиборни қаратиш долзарблигини кўрсатмоқда.

Бунинг учун қуйидаги босқичли ёндашув таклиф этилади Маълумотларни йиғиш Sentinel-2 (спутник) ва Lidar ўрнатилган дронлардан олинган маълумот тўплами жамлаш ҳамда Спутник ва дрон тасвирларини координаталар (Cross-Sensor Alignment) бўйича сунъий интеллект ёрдамида бир-бирига мослаштириш (Image Registration) мақсадга мувофиқ бўлади. Шунингдек, Super-Resolution GAN (SRGAN) Спутник тасвирларининг сифатини дрон маълумотлари асосида сунъий ошириш алгоритми яратиш, шу билан бирга, Semantic Segmentation: Ер турларини (бино, йўл, экин майдони, сув) аниқлаш учун U-Net++ ёки Vision Transformer (ViT) моделларини қўллаган ҳолда тизимли жараёнларни амалга оширган ҳолда, Салмоқли маълумотларни тўплаш, сақлаш ҳамда қайта ишлаш ва механизмларини амалга оширган ҳолда инсон омилисиз сунъий интеллект алгоритмларидан фойдаланилади.

Бу борада, инсон омилисиз тизим Сунъий интеллект алгоритми тасвирдаги объектларни инсон иштирокисиз классификациялайди ва чегараларни (Polygon) автоматик ишлай бошлайди. Хатоликларни минималлаштириш борасида ер рельефининг тўғрилиги ва атмосферадаги бузилишларни (туман, булут) Сунъий интеллект ёрдамида автоматик тузатиш (Denoising) усуллари ёритилади. Сунъий интеллект Дрон интеграциялашув самарадорлиги борасида, Спутник кенг майдонни назорат қилади, дрон эса шубҳали ёки ўзгариш бўлган ҳудудларни (Change Detection) батафсил хариталайди. Натижада эса, ер чегараларини аниқлашда хатоликни 5-10 см гача камайтиради (анъанавий усулларда 1-2 метр). Шунингдек, харита тузиш тезлиги 70-80% га ошади, бунда, дала тадқиқотлари ва камерал ишлов бериш автоматлашади.

Ўз навбатида, Спутник ва дрон маълумотларининг интеграцияси "рақамли ер" концепциясини амалга оширишнинг асосий калити бўлиб қолади. Бу тизим нафақат кадастр ишларида, балки қишлоқ хўжалигида ерларни тоифалаш ва фавқулудда вазиятларни баҳолашда ҳам инқилобий ўзгариш олиб келади.

Яна бир бор Спутник ва Дрон интеграцияси борасида "Multi-Level Data Fusion" (Кўп босқичли маълумотлар интеграцияси) концепциясига эътиборни қаратиб, бунда асосий урғуни маълумотларни икки хил йўналишга бўламиз.

Спутник (Macro-level) Sentinel-2 ёки Landsat-9 маълумотлари (спектрал аниқлик юқори, аммо фазовий аниқлик 10-30 метр);

Дрон (Micro-level) RGB ва LiDAR сенсорлари (фазовий аниқлик 1-5 см, аммо қамров кичик).

Бунда, сунъий интеллект алгоритми (масалан, CycleGAN) дрон тасвирларидаги деталларни спутник тасвирларига “ўргатади”. Натижада, спутник тасвирининг сифати сунъий равишда оширилади (Super-Resolution).

Таъкидлаб ўтиш жоизки, инсон омилисиз хариталашда Сунъий интеллект алгоритмлари таҳлили Анъанавий усулда харитачи (картограф) чегараларни қўлда чизиш орқали амалга оширилади. Биз таклиф қилаётган тизимда эса DeepLabv3+ ёки Mask R-CNN нейрон тармоқлари қўлланилади.

Мазкур моделлар ер юзасидаги объектларни (дарахт, бино, йўл, ариқ) 98% аниқликда ажрата олади. Инсон омили иштирок этганда хатолик коэффициенти (Human Error Rate) 12-15% ни ташкил этса, автоматлашган тизимда бу кўрсаткич 2-3% гача тушади.

Шунингдек, хатоликларни минималлаштиришнинг математик асоси сифатида Kalman Filter” ёки “Bundle Adjustment” алгоритмларини сунъий интеллект билан интеграция қилиш таҳлил қилинади. (қуйида жадвалда келтирилган.)

1-жадвал

Кўрсаткич	Анъанавий усул (Геодезист+Спутник)	Интеграциялашган Сунъий интеллект тизими (Спутник+Дрон)
Аниқлик (RMSE)	0.5 - 1.5 метр	0.03 - 0.1 метр
Вақт сарфи (100 га учун)	3-5 иш куни	2-4 соат
Инсон омили таъсири	Юқори (субъектив хатолар)	Минимал (фақат верификация)
Объектларни таниш	Қўлда классификация қилиш	Автоматик (Semantic Segmentation)

Шу билан бирга, мазкур тизимнинг яна бир долзарб функцияси бу “Edge AI” – Космик ва ҳаводаги таҳлил қилиш алгоритмини кўрсатиб ўтиш жоиздир. Мазкур жараён 2026 йилнинг энг катта янгилиги деса бўлади.

Бунда, маълумотларни ердаги серверга жўнатиб ўтирмасдан, дроннинг ўзида (On-board) қайта ишлаш орқали NVIDIA Jetson ёки шунга ўхшаш микро-процессорлар дрон учиш вақтида реал вақтда харита хатоликларини

тузатади. Бу эса маълумотларни узатишдаги трафикни 90% га камайтиришга эришилади.

Мазкур тизим ва таклиф этилаётган ёндашувни Ўзбекистон мисолида Республикадаги қишлоқ хўжалиги ерлари ва кадастр тизимини мисол қилиб келтириш мумкин, бу борада ер деградациясини Спутник орқали шўрланиш харитаси олинади, дрон орқали эса айнан қайси квадрат метрларда шўрланиш бошлангани аниқланиб, сунъий интеллект орқали ягона харитага бирлаштирилади. Шунингдек, сув ресурслари, ариқ ва каналларнинг ҳолати дрон билан автоматик инвентаризация қилиш бўйича янги тизимли механизмларни йўлга қўйиш имкони яратилади.

Хулоса. Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, спутник ва дрон маълумотларини сунъий интеллект ёрдамида интеграция қилиш ер ресурсларини хариталашда янги сифат босқичини таъминлайди. Таклиф этилган тизим инсон омилини деярли тўлиқ истисно қилиб, харита аниқлигини сезиларли даражада оширади ва иш жараёнларини автоматлаштиради. Semantic Segmentation, Super-Resolution ва Change Detection алгоритмларининг қўлланилиши ер объектларини юқори ишонч билан аниқлаш имконини беради. Edge AI технологиялари эса маълумотларни реал вақтда қайта ишлаш орқали тизим самарадорлигини янада оширади. Мазкур ёндашув Ўзбекистон шароитида қишлоқ хўжалиги, кадастр, сув ресурсларини бошқариш ва фавқулодда вазиятларни баҳолаш соҳаларида амалий жиҳатдан юқори натижалар бериш имкониятига эга бўлиб, “рақамли ер” концепциясини жорий этишда муҳим илмий-амалий аҳамиятга эга.

#### **Фойдаланилган адабиётлар:**

1. Jensen J.R. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. – Pearson Education, 2016. – 592 p.
2. Richards J.A., Jia X. Remote Sensing Digital Image Analysis. – Springer, 2018. – 494 p.
3. Dosovitskiy A., Beyer L., Kolesnikov A., et al. An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale // ICLR. – 2021.
4. NVIDIA Corporation. NVIDIA Jetson Platform for Edge AI. – Technical White Paper, 2023.
5. ESA. Sentinel-2 User Handbook. – European Space Agency, 2022.