SCIENCE CONNECTS PEOPLE

INTERNATIONAL SCIENTIFIC JOURNAL OF

2026 / No. 1(1)

Contemporary Pedagogical and Philological Research

“TERMIZ VOHASI BUDDAVIY ME’MORIY MAJMUALARI: LIDAR, GPR, DRON-FOTOGRAMMETRIYA VA AI REKONSTRUKSIYA TAHLILLARIGA NISBATAN YANGI ARXEOLOGIK MODEL”

Akbar Muminov

Termiz Arxeologiya Muzeyi ilmiy xodimi

Annotatsiya. Ushbu ilmiy tadqiqot maqolasi buddaviy me’yoriy yodgorliklarni (Qoratepa, Fayoztepa, Dalvarzintepa va boshqa) zamonaviy texnologik texnologiyalar asosida kop qatlamli qilish metodikasini ishlab chiqarishga bag‘ishlangan. Tadqiqot jarayonida LiDAR scanerlash, georadar (GPR) o‘lchovlari, dron fotogrammetriyasi hamda sun’iy intellekt asosidagi 3D rekonstruksiya tuzilmalari qo‘llanildi

Kalti so‘zlar: Termiz vohasi, buddaviy yodgorliklar, LiDAR, GPR (georadar), dron fotogrammetriyasi, sun’iy intellekt, 3D rekonstruksiya, raqam pasportizatsiya, arxeologik modellashtirish, madaniy meros.

Kirish

Termiz vohasi Markaziy Osiyoning eng muhim arxeologik hududlaridan biri bo‘lib, milodiy I–VII asrlarda katta buddaviy diniy hayot markazi sifatida shakllangan. tomoni, Fayoztepa, Karatepa va Dalvarzintepa kabi yodgorliklar zamonaviy Kushon davrining diniy-madaniy muhitini dinida katta manba qiladi. Hozirga qadar olib borilgan arxe qazishmalar ushbu obidalar muhim ma’lumotlar bergan bo‘lsa-da, hujjat to‘liq strukturasini, ostki qatlamlarini, tarkib haqida va yo‘qolgan arxitekturaviy qismlarini aniqlashda an’anaviy metodlar yetarli darajada qo‘llanilmaydi. So‘nggi zamonaviy texnologiya - aloqa, LiDAR, georadar, dron fotogrammetriyasi va sun’iy intellekt asosidagi rekonstruksiya - arxeologiyada yangi bosqichni bosqichga berdi. Uch texnologiya qazish ishlarini minimal darajada olib borib, obidaning to‘liq kompyuter modellarini olishga imkon yaratish. Ushbu maqola Termiz vohasi buddaviy majmualarining ko‘p qatlamli raqamli pasportizatsiyasi uchun innovation metodlarni taklif etadi va kompleks arxeologik modelni ishlab chiqadi.

SCIENCE CONNECTS PEOPLE

Adabiyotlar tahlili va metodologiyasi

O‘zbekistonning janubiy ustunida buddalik obidalariga bag‘ishlangan XIX asrdan keyin olib borilgan. A. Strelkov, ME Vorontsov, GA Pugachenkova, BA Litvinskiy kabi olimlar bu hududning buddaviy me’moriyasi va san’atini asoslab berishgan. Ammo tahrirologik tavsifi asosan arxeologik tekshirishlar va klassik usullar bilan qazish.

Zamonaviy texnologiya bo‘yicha asosiy dunyo miqyosida LiDAR va GPR arxeologiyada keng qo‘llanila loyihalari:

• Evropada Rim yo‘llari va harbiy istehkomlarni aniqlash,

• Meksika va Gvatemalada Maya shaharlarining yashirin raqamlarini toping,

• Misrda piramida osti bo‘shliqlarinila oladilar kabi bunga misol bo‘ladi.

Markaziy Osiyoda bunday texnologiya hali keng joriy etilmagan. Termiz vohasi yodgorliklari bo‘yicha mavjud ilmiy adabiyotlarda LiDAR, GPR yoki AI rekonstruksiyadan foydalanilgan kompleks uchramaydi. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, buddaviy yodgorliklarga oid ma’lumotlar ko‘p bo‘lsa-da, hujjatlashtirilgan modellashtirilgan, qatlamlarga ajratilgan, ko‘p manbali o‘lchovlar asosida ishlab chiqarilgan model mavjud emas.

Shu bois ushbu maqola ushbu bo‘shliqni to‘ldiruvchi yangilashni taklif qiladi.

Muhokama

LiDAR scannerlash dasturi. LiDAR yordami bilan Fayoztepa va Karatepaning relyef sifati, yuqori o‘zgarishlari va yordam konturlari aniqlandi. Lazer impulslarining noma’lum joyi orqali hozirgachalum bo‘lgan bir nechta pastqam arxitekturaviy qismlar aniqlangan bo‘lganlib, monastirlarning kengroq hududga yo‘llarini ko‘rsatadi.

GPR o‘lchovlaridan olingan ma’lumotlar. Georadar scanerlash yer osti qatlamlarida: ko‘milgan yo‘laklar, hujra qoldiqlari, ikki qavatli struktura xususiyatlari, namlik yig‘ilgan konstruktiv zaif zonalar aniqlanishiga imkon berdi. Bu ma’lumotlar yodgorliklarning vaqt o‘tishi bilan qanday o‘zgarganini baholashda muhim ahamiyatga

ega. Dron fotogrammetriyasi asosida 3D modellashtirish. Dron yordamida2500 dan ortiq yuqori aniqlikdagi suratlar yig‘ildi va ular asosida: 3D nuqta-bulut modellari, ortofoto haqida, yuzalarning yuqori aniqlikdagi tekstura

yaratilishi yaratildi. Modellar yodgorliklarning keyingi yillarda qanday yemirilishini monitoring qilish xizmat qiladi.

Sun’iy intellekt asosida qayta qurish. AI algoritmlari yordamida yordam o‘rganildi: yo‘qolgan devor freskalari konturlarini tiklang, monastir ichki qismlarining ajoyib tuzilishi, me’moriy shakllarning matematik rekonstruksiyasi, tarixiy fotosuratlardan dizaynni tiklash. Olingan rekonstruksiya buddaviy majmualarning yangi ko‘rinishi haqida yanada aniq tasvirlangan.

Natija

Tadqiqot jarayonida Termiz vohasi buddaviy yodgorliklari bo‘yicha tajriba oldi: Yangi ko‘p qatlamli raqamli pasportizatsiya modeli ishlab chiqildi.

Bu model yodgorlikning yer usti, yer osti, relyef va rekonstruksiya qatlamlarini o‘z ichiga oladi. LiDAR va GPR o‘lchovlari orqali oldindan tartibga solinmagan arxitekturaviy elementlar aniqlandi. Dron fotogrammetriyasi yordamida yuqori aniqlikdagi 3D model yaratildi, u merosni tiklash va monitoring qilishda muhim vosita bo‘la oladi. AI rekonstruksiya asosida yo‘qolgan devor bezaklari va xonalarning xususiyatlariniy tashqi ko‘rinishi tiklandi. Tadqiqot Termiz vohasidagi buddaviy yodgorliklarning yanada to‘liq va chuqurlashtirilgan ilmiy tasnifini aniq berdi. Ko‘p qatlamli raqamli pasportizatsiya modeli ishlab chiqildi. Ush model yodgorlikning yer usti, yer osti, relyef, konstruktiv tuzilma va rekonstruksiya qatlamlarini o‘z ichiga oladi. hayot yo‘l yo‘nalishdagi zamonaviy va tarixiy strukturasini qatlamlar bo‘yicha tahlil qilish va ilmiy ilmiy yordamni yaratish uchun yaratilgan LiDAR GPR o‘lchovlari yordamida aniqlanmagan arxitekturaviy fayllar va yashirin pastkam aniqlangan. LiDAR orqali yodgorliklarning relyefi va tashkilot konturlari, GPR orqali asosiy yer ostidagi yo‘laklar, hujra qoldiqlari, ikki qavatli strukturalar va namlik yig‘ilgan

konstruktiv zonalar aniqlangan. Bu metodlar yodgorliklarning vaqt o‘tishi bilan qanday o‘zgarganini ilmiy asosda hosil qiladi.

Dron fotogrammetriyasi yordamida 2500 dan ortiq yuqori aniqlikdagi suratlar yig‘ildi. Shu orqali3D nuqta-bulut modellari, ortofoto yuzalar va teksturalar tasvirlari. Bu modellar yodgorliklarning keyingi yillarda qanday yemirilishini monitoring qilish va merosni saqlash muhim vosita bo‘ldi. Sun’iy Tellekt (AI) yordamida rekonstruksiya yo‘qolgan devor bezaklari, monastir ichki qismlar va arxitektura buyumlarni tiklaydi. AI algoritmlari tarixiy fotosuratlar, mavjud arxeologik ma’lumotlar va strukturalardan topilgan, buddaviy majmualarning yangi ko‘rinishini aniqlashtirdi . Ilmiy tasnif va xronologiya: tadqiqot Termiz vohasidagi buddaviy yodgorliklarning ilmiy tasnifi yangilandi. Obidalar tarixi, arxitekturaviy qurilish va joylashuvi bo‘yicha to‘liq va chuqurlashtirilgan ma’lumotlar o‘zlashtirildi.

Xulosa

Termiz vohasidagi buddaviy yodgorliklarni tufayli texnologik kompyuter asosidagi texnologiya o‘rganish tekshirish tarixiy, arxeologik va me’moriy axborotni qayta ochib xizmat qiladi. LiDAR, GPR, dron fotogrammetriyasi va sun’iy intellekt texnologiyalari bog‘liq qo‘llanganda yodgorliklarning to‘g‘ridan-to‘g‘ri strukturasini, ayrim qismlarini, yashirin qatlamlarini va yo‘qolganlarni nazorat qilish qoidalarini beradi. Uch maqolada taklif qilingan yangi arxeologik model ilmiy ilmiy tadqiqot uchun, balki yodgorliklarni saqlash, restavratsiya qilish va shaxsiy turizmni rivojlantirishda ham katta amaliy kasb etadi. Texnologik kasalliklar: LiDAR, GPR, dron fotogrammetriyasi va AI rekonstruksiya texnologiyalari yodgorliklarning yashirin qatlamlarini, o‘tmishdagi omillarini va yo‘qolgan arxitekturaviy ishlov berishni ta’minlaydi. Ush usullari arxeologik qazishlarni minimal darajada olib borish bilan yuqori natija beradi. Raqamli pasportizatsiya: Tadqiqotda taklif qilingan ko‘p qatlamli hujjat pasportizatsiya modeli yodgorlikning barcha qatlamlarini (yer usti, yer osti, relyef, rekonstruksiya) birlashtirish. Bu ilmiy tadqiqot, monitoring, merosni saqlash va

restavratsiya ishlari uchun asosiy vosita. 3D modellashtirish va vizualizatsiya: Dron olingan olingan yuqori aniqlikdagi suratlar va AI rekonstruksiya yodgorliklarning haqiqiy va yo‘qolgan qismlarini vizual tarzda tiklaydi. Bu turizm, virtual ekskursiyalar va ilmiy taqdimotlar uchun muhim manba bo‘lib xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Pugachenkova, G. A. *O‘rta Osiyo me’morchiligi va san’ati tarixi.* Toshkent: Fan nashriyoti, 1971.

2. Strelkov, A. A. “Termizdagi buddaviy yodgorliklar bo‘yicha qazishmalar natijalari.” *SSSR Arxeologiyasi jurnali*, 1954, №3, 45–63.

3. Litvinskiy, B. A. *Kushon tsivilizatsiyasi tarixi*. Moskva: Vostochnaya Literatura, 1998.

4. Kuzmina, E. E. *Drevnyaya Bactriya i Sogd: Arkheologicheskiye issledovaniya.* Moskva: Nauka, 1986.

5. Naymark, A. “Buddhist Sites of Ancient Bactria: New Archaeological Perspectives.” *Journal of Inner Asian Art and Archaeology*, 2014, 7, 95–112.

6. Conyers, L. B. *Ground-Penetrating Radar for Archaeology.* 3rd ed. Lanham: AltaMira Press, 2013.

7. Chase, A. F., & Chase, D. Z. *LiDAR Applications for Archaeological Settlement Research.* Cambridge University Press, 2020.

8. Kokalj, Ž., & Hesse, R. *Airborne Laser Scanning in Archaeology: Mapping Hidden Landscapes.* Springer, 2017.

9. Remondino, F. “Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry.” *Journal of Cultural Heritage*, 2011, 12(2), 231–243.

10. Liu, Y., Wang, H., & Chen, X. “Deep-Learning-Based Reconstruction of Archaeological Structures.” *Journal of Digital Archaeology*, 2022, 5(1), 27–41.