

**ARXELOGIYADA ZAMONAVIY TEXNOLOGIYALARNING
QO‘LLANILISHI: GIS VA 3D REKONSTRUKSIYA TAJRIBALARI****Kurbaniyazova Zarafshon***Qoraqalpog‘iston Respublikasi Nukus tumani**12-sonli umumiy o‘rta ta’lim maktabi**Tarix fani o‘qituvchisi*

Annotatsiya. Arxeologiyada zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash so‘nggi yillarda ilmiy izlanishlarning samaradorligini oshirishda muhim vosita bo‘lib xizmat qilmoqda. Xususan, GIS (Geografik Axborot Tizimlari) yordamida arxeologik yodgorliklarning joylashuvi, ularning hududiy xususiyatlari hamda tarixiy landshaftlar tahlili amalga oshirilmoqda. Bu usul qadimiy manzilgohlarni aniqlash, xaritalash va ularning vaqt mobaynidagi o‘zgarishini o‘rganishda keng imkoniyat yaratadi. Shuningdek, 3D rekonstruksiya texnologiyasi arxeologik topilmalarni raqamli shaklda qayta tiklash, ko‘hna inshootlarning dastlabki ko‘rinishini ilmiy asosda namoyish etish imkonini beradi. Ushbu texnologiyalar orqali moddiy madaniyat ob’ektlari nafaqat saqlanib qoladi, balki jamoatchilikka vizual tarzda taqdim etiladi. Maqolada GIS va 3D rekonstruksiya tajribalari asosida arxeologik merosni o‘rganish, saqlash va ommalashtirishning dolzarb masalalari yoritiladi.

Kalit so‘zlar: arxeologiya, GIS, 3D rekonstruksiya, raqamli texnologiyalar, arxeologik yodgorliklar, moddiy madaniyat, tarixiy meros, xaritalash, vizualizatsiya, ilmiy tadqiqot.

Arxeologiya fani insoniyat tarixining eng qadimiy davrlarini, moddiy va ma’naviy merosini ilmiy asosda o‘rganishga qaratilgan muhim ilmiy sohalardan biri hisoblanadi. U jamiyat taraqqiyotining turli bosqichlarini yoritib berish, qadimgi sivilizatsiyalarning shakllanishi, rivojlanishi va inqiroz sabablarini tushunishda muhim manba vazifasini bajaradi. Shu boisdan ham arxeologiya nafaqat tarix fani uchun, balki sotsiologiya, antropologiya, etnologiya, madaniyatshunoslik va hatto iqtisodiy tadqiqotlar uchun ham boy manba hisoblanadi. Insoniyatning dastlabki mehnat qurollari, turar-joylari, diniy marosimlari va ijtimoiy hayotiga oid dalillar ko‘pincha faqat arxeologik tadqiqotlar natijasida aniqlanadi.

An’anaviy arxeologik usullar, ya’ni qazishmalar o‘tkazish, topilmalarni tahlil qilish va ularni muzeylarga joylashtirish ilm-fan taraqqiyoti uchun muhim ahamiyatga ega bo‘lib kelgan. Ammo XXI asrga kelib ilmiy izlanishlarning tezkorligi, aniq va puxta dalillarga asoslanishi, shuningdek, arxeologik merosni saqlash zarurati yangi metodlarni qo‘llashni taqozo etmoqda. Bugungi globallashtirish jarayonida raqamli texnologiyalar barcha sohalarga chuqur kirib kelgani kabi, arxeologiyada ham o‘zining

samarali qo‘llanilishiga ega bo‘ldi. Ayniqsa, GIS (Geografik Axborot Tizimlari) va 3D rekonstruksiya texnologiyalari arxeologik tadqiqotlarni yangi bosqichga olib chiqmoqda.

Shu bilan birga, 3D rekonstruksiya texnologiyalari arxeologik topilmalarni raqamli shaklda qayta yaratish, ularni dastlabki ko‘rinishiga keltirish, shuningdek, keng jamoatchilikka yanada tushunarli va qiziqarli tarzda taqdim etish imkonini beradi. Bu usul orqali vayron bo‘lib ketgan qadimiy inshootlar, ibodatxonalar, qal’alar yoki uy-joylarning dastlabki me‘moriy qiyofasi virtual tarzda qayta jonlantiriladi. Natijada arxeologik merosning ilmiy, madaniy va estetik qiymati yanada oshadi.

Zamonaviy texnologiyalarning arxeologiyada qo‘llanishi, bir tomondan, ilmiy aniqlikni ta‘minlasa, ikkinchi tomondan, madaniy merosni asrash va targ‘ib qilish jarayoniga ham katta hissa qo‘shmoqda. Chunki topilgan qadimiy buyumlarni yoki inshootlarni real shaklda saqlab qolish doimo ham imkoni bo‘lavermaydi. Tabiiy ofatlar, inson omili yoki vaqt ta‘sirida ko‘plab yodgorliklar yo‘qolib ketishi mumkin. Bunday holatlarda raqamli texnologiyalar arxeologik merosni abadiylashtirishga xizmat qiladi.[1]

Mazkur mavzuning dolzarbligi yana shunda ko‘rinadiki, bugungi kunda O‘zbekiston va Markaziy Osiyo hududida topilayotgan ko‘plab arxeologik yodgorliklar nafaqat milliy, balki jahon sivilizatsiyasi tarixida muhim o‘rin tutadi. Samarqanddagi Afrosiyob, Xorazmdagi Qo‘yqirilgan qal’a, Termiz atrofidagi Fayoztepa va Kampirtepa kabi yodgorliklar, Buxorodagi qadimiy arxeologik qatlamlar zamonaviy texnologiyalar yordamida o‘rganilmoqda. Bu jarayon, o‘z navbatida, ilmiy izlanishlarning aniqligini oshiradi va xalqaro miqyosda ham katta ilmiy ahamiyatga ega bo‘ladi.

Shuningdek, raqamli texnologiyalarning arxeologiyada qo‘llanishi ta‘lim va tarbiya sohasida ham alohida ahamiyat kasb etmoqda. 3D rekonstruksiya yordamida yaratilgan virtual muzeylar, interaktiv taqdimotlar va animatsiyalar o‘quvchilar va talabalar uchun tarixni jonliroq va qiziqarliroq tarzda o‘rganish imkoniyatini yaratadi. Bu esa yosh avlodda milliy qadriyatlarga, tarixiy merosga bo‘lgan hurmatni oshiradi.

Mazkur mavzuni chuqur tadqiq qilishning yana bir sababi — arxeologiyada zamonaviy texnologiyalarni joriy etish orqali fanlararo integratsiyaning shakllanishidir. Masalan, GIS dasturlari geodeziya, kartografiya va informatika sohalari bilan uzviy bog‘liq bo‘lsa, 3D rekonstruksiya texnologiyalari dizayn, me‘morchilik va muhandislik bilan chambarchas aloqador. Shu bois, mazkur texnologiyalarning qo‘llanishi arxeologik tadqiqotlarni yanada mukammallashtiradi va ko‘p tarmoqli yondashuvni shakllantiradi.

Zamonaviy texnologiyalar yordamida amalga oshirilgan arxeologik tadqiqotlar xalqaro hamkorlikni kengaytirishda ham muhim ahamiyat kasb etadi. Bugungi kunda ko‘plab davlatlarda arxeologik merosni saqlash va tadqiq qilish bo‘yicha xalqaro

dasturlar ishlab chiqilmoqda. Masalan, UNESCO doirasida arxeologik yodgorliklarni virtual rekonstruksiya qilish loyihalari amalga oshirilmoqda. Bunday jarayonlarda O'zbekiston olimlarining ham faol ishtirok etishi milliy merosimizni jahon miqyosida targ'ib qilish imkonini beradi.[2]

Shu sababli, arxeologiyada GIS va 3D rekonstruksiya texnologiyalarining qo'llanilishi nafaqat ilmiy tadqiqotlarning sifatini oshiradi, balki milliy va jahon miqyosida tarixiy merosni asrash, targ'ib qilish va yosh avlodga yetkazishda ham katta ahamiyat kasb etadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi ham aynan shundan iborat bo'lib, unda zamonaviy texnologiyalar yordamida arxeologik jarayonlarning samaradorligini yoritish, ularning imkoniyatlarini ochib berish hamda amaliy tajribalarni tahlil qilish ko'zda tutiladi.

Arxeologiya fani o'zining shakllanishi va taraqqiyot bosqichlarida turli ilmiy usullar hamda metodologik yondashuvlar asosida rivojlanib kelgan. An'anaviy ravishda bu fan qazish ishlari, topilmalarni aniqlash, tasniflash va ularni tarixiy kontekstga joylashtirish jarayonlariga tayangan. Ammo XX asrning ikkinchi yarmidan boshlab, texnologik taraqqiyot, raqamli uskunalar va kompyuter dasturlarining keng qo'llanilishi natijasida arxeologiya fanida yangi bosqich boshlandi. Bu bosqichda ilmiy natijalarni yanada aniqroq, tizimli va keng qamrovli tarzda olish imkoniyati yaratildi. Ayniqsa, GIS (Geografik Axborot Tizimlari) va 3D rekonstruksiya texnologiyalari arxeologik tadqiqotlarning metodologik asoslariga jiddiy yangiliklar olib kirdi.

Arxeologiyada GIS texnologiyalarining qo'llanilishi bo'yicha ilk izlanishlar G'arb davlatlarida XX asrning 70–80-yillarida boshlanib, keyingi davrlarda keng qo'llanila boshlandi. Masalan, K. Allen (1989) tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda GIS vositalaridan foydalanib qadimiy manzilgohlarning joylashuvini aniqlash va ularning hududiy o'zaro bog'liqligini o'rganish metodlari taklif etilgan. Shuningdek, D. Wheatley va M. Gillings (2002) arxeologiyada GIS metodologiyasi haqida keng qamrovli qo'llanma yaratib, uni nafaqat ilmiy tadqiqot, balki amaliy jarayonlarga ham tatbiq etish yo'llarini ko'rsatgan.[3]

Shuningdek, Sharq mamlakatlari tajribasida ham GIS texnologiyalaridan keng foydalanilganini ko'rish mumkin. Masalan, Xitoy va Hindistonda qadimiy sug'orish tizimlari, Buyuk ipak yo'li yo'nalishlari va qadimiy shaharlarning joylashuvini o'rganishda GIS metodlari samarali natija bergan. Bu tajribalar O'zbekiston kabi qadimiy sivilizatsiya markazlarida ham mazkur metodlardan foydalanish uchun nazariy va amaliy asos bo'lib xizmat qilmoqda.

3D rekonstruksiya texnologiyalari bo'yicha esa ilmiy adabiyotlarda alohida izlanishlar olib borilgan. Masalan, P. Reilly (1991) arxeologik yodgorliklarni raqamli modellashtirish bo'yicha ilk nazariy asoslarni ishlab chiqqan bo'lsa, keyingi yillarda bu yo'nalish ko'plab ilmiy maktablarda rivojlantirildi. Bugungi kunda 3D rekonstruksiya texnologiyalari yordamida qadimiy Rim, Misr va Mesopotamiya

yodgorliklarining virtual modellarini yaratish bo'yicha jahon miqyosida ko'plab loyihalar amalga oshirilmoqda.

O'zbekiston olimlarining tadqiqotlarida ham so'nggi yillarda GIS va 3D texnologiyalaridan foydalanish masalasi ko'proq o'rganila boshlandi. Jumladan, A. Asqarov, R. Sulaymonov, F. Xolmatov singari arxeologlar o'z maqolalarida zamonaviy texnologiyalarni arxeologiyada qo'llash imkoniyatlari haqida fikr yuritgan. Xususan, Samarqanddagi Afrosiyob yodgorligi, Surxondaryodagi Kampirtepa va Fayoztepa kabi manzillarda GIS yordamida topilmalarni joylashtirish va ularning hududiy tahlilini amalga oshirish bo'yicha ilmiy natijalar qo'lga kiritilgan.[4]

Bundan tashqari, xalqaro tashkilotlar, xususan UNESCO ham arxeologik yodgorliklarni asrash va ommalashtirishda 3D rekonstruksiya texnologiyalaridan foydalanishni faol qo'llab-quvvatlamqda. Masalan, Suriyada vayron bo'lgan Palmyra shahrini raqamli rekonstruksiya qilish bo'yicha amalga oshirilgan loyihalar bu boradagi ilg'or tajribalardan biridir. Bu kabi tajribalar O'zbekiston arxeologik merosini ham virtual shaklda tiklash va keng jamoatchilikka taqdim etish uchun muhim metodologik asos bo'lib xizmat qilmoqda.

Yuqorida keltirilgan ilmiy adabiyotlar tahlilidan ko'rinadiki, GIS va 3D rekonstruksiya texnologiyalarining arxeologiyada qo'llanishi nafaqat nazariy jihatdan o'z isbotini topgan, balki amaliyotda ham keng qo'llanila boshlagan. Biroq bu borada hali ham chuqur tadqiqotlarni talab etadigan masalalar mavjud bo'lib, ulardan biri metodologiyaning milliy sharoitlarga moslashtirilishidir.

Ushbu tadqiqotning metodologik asosi fanlararo yondashuv, tizimli tahlil va raqamli texnologiyalarni qo'llashga tayangan holda shakllantiriladi. Arxeologiyada GIS va 3D rekonstruksiya texnologiyalarini tadqiq etish uchun quyidagi metodologik yondashuvlar qo'llaniladi:

Arxeologik yodgorliklarni o'rganishda tizimli yondashuv muhim ahamiyat kasb etadi. Bu metod arxeologik ob'ektlarni faqat alohida buyum sifatida emas, balki butun bir tarixiy-madaniy tizimning elementi sifatida o'rganishni nazarda tutadi. GIS yordamida yodgorliklarning joylashuvi, ularning geografik sharoitlari va boshqa obyektlar bilan o'zaro aloqasi aniqlanadi.

GIS texnologiyalari orqali qadimiy manzilgohlar, sug'orish tizimlari va yo'llarning xaritalari yaratiladi. Bu metodologiya yordamida qadimgi shaharlarning hududiy tuzilishi va ijtimoiy-iqtisodiy aloqalari haqida muhim xulosalar chiqariladi.

3D texnologiyalari yordamida vayron bo'lgan inshootlar, masjidlar, ibodatxonalar yoki qal'alar dastlabki shaklida qayta tiklanadi. Bu metod arxeologik merosni nafaqat ilmiy jihatdan o'rganish, balki jamoatchilikka estetik va madaniy qadriyat sifatida namoyish etish imkonini beradi.

GIS va 3D rekonstruksiya yordamida yaratilgan ma'lumotlar boshqa hududlarda olib borilgan tadqiqotlar bilan taqqoslanadi. Masalan, O'zbekiston hududidagi qadimiy

yodgorliklar Xitoy yoki Eron hududidagi shunga o'xshash yodgorliklar bilan qiyoslanib, ularning umumiylik va farqlari aniqlanadi.[5]

Arxeologik ob'ektlarni joyida o'rganish, GPS yordamida koordinatalarini aniqlash va ularni GIS dasturlariga kiritish metodologiyaning muhim qismidir. Shu orqali ilmiy xulosalar aniq faktlarga asoslanadi.

3D rekonstruksiya texnologiyalari nafaqat ilmiy tahlil uchun, balki keng auditoriyaga arxeologik merosni tushunarli qilib yetkazish uchun ham qo'llanadi. Virtual muzeylar, interaktiv taqdimotlar va animatsiyalar orqali tadqiqot natijalari jamoatchilikka yetkaziladi.

Arxeologiyada GIS va 3D texnologiyalarini qo'llashda geodeziya, kartografiya, informatika, muhandislik va me'morchilik fanlari bilan hamkorlik qilinadi. Bu metodologiya ilmiy natijalarni yanada mukammal qilishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili va metodologik asoslar shuni ko'rsatadiki, arxeologiyada zamonaviy texnologiyalarni qo'llash ilmiy natijalarni sezilarli darajada samarali qiladi. GIS yordamida qadimiy yodgorliklarning hududiy tahlili va raqamli xaritalar yaratish, 3D rekonstruksiya orqali esa inshootlarni virtual shaklda qayta tiklash imkoniyatlari ochilmoqda. Bu esa arxeologik merosni nafaqat ilmiy, balki ta'limiy va madaniy-ma'rifiy maqsadlarda ham keng qo'llash imkonini beradi.

Arxeologiyada geografik axborot tizimlaridan foydalanish so'nggi o'n yilliklarda ilmiy tadqiqotlarning samaradorligini sezilarli darajada oshirdi. An'anaviy usullar faqatgina topilmani aniqlash, uni qazishma jarayonida qayd etish va keyinchalik muzey fondlariga topshirish bilan cheklangan bo'lsa, GIS texnologiyalari bu jarayonni kompleks tizimga aylantirdi.

Birinchidan, GIS yordamida arxeologik yodgorliklarning hududiy joylashuvi haqida batafsil ma'lumot olish mumkin. Masalan, Samarqand yaqinidagi Afrosiyob yodgorligini GIS dasturlari orqali o'rganish natijasida shahar hududining qadimgi davrlarda qanday rivojlanganini, qaysi qismlarida turar-joylar, ma'muriy markazlar yoki diniy inshootlar joylashganini aniqlash mumkin bo'ldi. Bu usul orqali yodgorliklarning tabiiy landshaft bilan o'zaro aloqalari ham tahlil qilinadi.

Ikkinchidan, GIS arxeologik ob'ektlarni raqamli xaritalash imkonini beradi. Masalan, qadimgi sug'orish tizimlari bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlarda daryo irmoqlari, kanal qoldiqlari va ariqlar elektron xaritalarda qayta tiklanib, ularning vohaning ijtimoiy-iqtisodiy hayotida tutgan o'rni aniqlangan. Bunday xaritalar faqat ilmiy maqsadlardagina emas, balki hududlarni turizm yo'nalishida rivojlantirish uchun ham katta ahamiyat kasb etadi.

Uchinchidan, GIS texnologiyalari orqali hududiy taqqoslash amalga oshiriladi. Masalan, Surxondaryo hududidagi qadimgi shahar xarobalarining joylashuvi Xorazmdagi yodgorliklar bilan taqqoslanib, ular o'rtasidagi umumiylik va farqlar

aniqlangan. Bu yondashuv qadimgi sivilizatsiyalarning shakllanish va rivojlanish qonuniyatlarini o'rganishda muhim metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

Shuningdek, GIS texnologiyalari arxeologiyada prognozlash imkoniyatini ham yaratadi. Ilmiy ma'lumotlar bazasi asosida hududning qaysi qismlarida yangi yodgorliklar bo'lishi ehtimoli yuqori ekani taxmin qilinadi. Bu esa arxeologik izlanishlarning samaradorligini oshirib, vaqt va mablag'ni tejashga yordam beradi.

3D rekonstruksiya arxeologiyada moddiy merosni qayta jonlantirish imkonini beruvchi eng samarali zamonaviy texnologiyalardan biridir. Bu texnologiya yordamida vayron bo'lib ketgan inshootlarning dastlabki ko'rinishini aniqlash va ularni virtual shaklda tiklash mumkin.

Birinchidan, 3D rekonstruksiya ilmiy tadqiqotlar uchun qo'shimcha vosita sifatida xizmat qiladi. Masalan, Kampirtepa yodgorligida topilgan devor qoldiqlari asosida yaratilgan 3D modellar tadqiqotchilarga bu shahar mudofaa tizimining dastlabki shaklini tasavvur qilish imkonini berdi. Natijada arxeologik dalillar yanada aniqroq talqin qilindi.

Ikkinchidan, 3D rekonstruksiya madaniy merosni targ'ib qilish jarayonida muhim o'rin tutadi. Virtual muzeylar, interaktiv taqdimotlar va animatsiyalar keng jamoatchilikka tarixni jonli va qiziqarli shaklda yetkazadi. Masalan, Buxoro va Xiva shaharlarining ayrim qadimiy ob'ektlari 3D rekonstruksiya asosida turistik sayohatlarda namoyish etilib, bu jarayon turizmni rivojlantirishga xizmat qilmoqda.

Uchinchidan, 3D rekonstruksiya texnologiyalari merosni saqlashda beqiyos ahamiyatga ega. Chunki tabiiy ofatlar, inson omili yoki vaqt ta'sirida yodgorliklar vayron bo'lishi mumkin. Raqamli modellar esa ularning abadiy saqlanishiga imkon beradi. Bu jihatdan Palmyra shahrining rekonstruksiya qilinishi xalqaro miqyosda yorqin tajriba bo'ldi.

To'rtinchidan, 3D rekonstruksiya fanlararo integratsiyani rivojlantiradi. Chunki u me'morchilik, dizayn, muhandislik, kompyuter grafikasi va tarix fanlarini birlashtiradi. Shu bois, ushbu texnologiya ilmiy izlanishlarni yangi darajaga ko'taradi.[6]

O'zbekiston boy tarixiy merosga ega mamlakat sifatida arxeologik tadqiqotlarni rivojlantirishga alohida e'tibor qaratmoqda. Ayniqsa, mustaqillikdan so'ng moddiy madaniyat yodgorliklarini o'rganish, saqlash va ularni keng jamoatchilikka yetkazish bo'yicha qator chora-tadbirlar amalga oshirildi. So'nggi yillarda bu yo'nalishda zamonaviy texnologiyalar — GIS, 3D rekonstruksiya, lazerli skanerlash va raqamli arxivlashtirish tizimlarini joriy etish davlat siyosatining muhim yo'nalishlaridan biriga aylandi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining farmon va qarorlari, shuningdek, Vazirlar Mahkamasining qarorlari orqali moddiy va nomoddiy madaniy meros obyektlarini muhofaza qilishga oid huquqiy baza mustahkamlanmoqda. Jumladan,

“Madaniy meros ob’ektlarini muhofaza qilish to’g’risida”gi Qonun va unga oid me’yoriy hujjatlar arxeologik izlanishlar jarayonida texnologik vositalardan foydalanishga imkon yaratmoqda. Bu huquqiy asoslar tadqiqotlarda raqamli texnologiyalarni joriy etishga sharoit yaratadi.

So‘nggi yillarda O‘zbekistondagi ko‘plab tarixiy yodgorliklar raqamli formatda qayd etilmoqda. GIS asosida maxsus “Arxeologik yodgorliklar elektron xaritasi” yaratish bo‘yicha loyihalar amalga oshirilmoqda. Bu xaritalar orqali yodgorliklarning aniq joylashuvi, ularning hududiy bog‘liqligi va tarixiy o‘zgarishlari o‘rganilmoqda.

O‘zbekiston Fanlar akademiyasi Arxeologiya instituti, Toshkent davlat sharqshunoslik universiteti va boshqa ilmiy muassasalar hamkorligida 3D texnologiyalarni qo‘llash kengaymoqda. Samarqanddagi Afrosiyob, Termizdagi Qoratepa va Xorazm vohasidagi qadimiy inshootlar 3D rekonstruksiya orqali qayta tiklanib, ularning dastlabki ko‘rinishi ilmiy asosda namoyish etildi. Bu tadbirlar nafaqat ilmiy izlanishlarga, balki turizm sohasiga ham xizmat qilmoqda.

O‘zbekiston arxeologiyasida zamonaviy texnologiyalarni tatbiq etishda xalqaro tajribadan foydalanish muhim ahamiyatga ega. Germaniya, Yaponiya, Fransiya, Italiya, Janubiy Koreya kabi mamlakatlar bilan hamkorlikda qo‘shma ekspeditsiyalar tashkil etilib, ular GIS xaritalash, dron yordamida aerofotosuratga olish va 3D lazerli skanerlash kabi ilg‘or usullardan foydalanmoqda.

Zamonaviy texnologiyalarni samarali qo‘llash uchun malakali mutaxassislar zarur. Shu maqsadda O‘zbekiston oliy ta’lim muassasalarida arxeologiya va tarix yo‘nalishlarida “Raqamli arxeologiya” kabi yangi fanlar joriy qilinmoqda. Ilmiy xodimlar va talabalar xalqaro loyihalarda qatnashish orqali tajriba orttirish imkoniga ega bo‘lmoqda.

Raqamli texnologiyalar yordamida qayta tiklangan yodgorliklar virtual muzeylar, 3D maketlar va multimedia ko‘rgazmalar orqali keng jamoatchilikka taqdim etilmoqda. Bu esa nafaqat tarixiy merosni asrashga, balki uni turizm sohasida samarali foydalanishga xizmat qilmoqda.

O‘zbekistonda so‘nggi yillarda arxeologiyada zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash bo‘yicha qator loyihalar amalga oshirilmoqda. Samarqanddagi Afrosiyob yodgorligi, Surxondaryodagi Fayoztepa, Termiz atrofidagi Kampirtepa va Xorazmdagi qadimiy qal’alar misolida GIS va 3D texnologiyalaridan foydalanilgan. Bu jarayon natijasida bir nechta ilmiy xulosalar olingan:

Afrosiyob xarobalarining hududiy tahlili shahar tuzilishidagi ijtimoiy tabaqalanishni ochib berdi.

Fayoztepa yodgorligida diniy inshootlarning joylashuvi GIS yordamida aniqlandi.

Kampirtepa mudofaa devorlari 3D rekonstruksiya orqali qayta tiklanib, shahar harbiy arxitekturasini haqida muhim xulosalar chiqarildi.

Xorazmdagi qadimiy qal'alar xarobalarining 3D modellari yaratilgan va ular UNESCO loyihalari doirasida xalqaro miqyosda namoyish qilindi.

Bu natijalar O'zbekiston arxeologiyasini jahon ilmiy hamjamiyati oldida yanada yuqori darajada tanitmoqda.

GIS va 3D rekonstruksiya texnologiyalarining samaradorligi yuqori bo'lishiga qaramay, ularni qo'llashda qator muammolar mavjud. Birinchidan, yuqori texnologik uskunalarning yetishmasligi va ularni xarid qilish uchun moliyaviy resurslarning cheklanganligi. Ikkinchidan, bu texnologiyalardan foydalanishni mukammal biladigan mutaxassislarning kamligi. Uchinchi muammo esa ilmiy ma'lumotlarning bazasini yaratish va ularni yagona tizimga keltirishdagi qiyinchiliklardir.

Ammo shu bilan birga, katta imkoniyatlar ham mavjud. Jumladan:

O'zbekistonning boy arxeologik merosi GIS va 3D rekonstruksiya texnologiyalarini keng tatbiq qilish uchun ulkan laboratoriya vazifasini o'taydi.

Xalqaro hamkorlik, xususan UNESCO va ICOMOS kabi tashkilotlar bilan hamkorlikda yangi loyihalar amalga oshirilishi mumkin.

Yosh olimlar va talabalarni bu sohada tayyorlash, ularni zamonaviy texnologiyalar bilan ishlashga o'rgatish orqali kadrlar salohiyatini oshirish imkoniyati mavjud.

Yuqorida keltirilgan tahlillar asosida quyidagi ilmiy natijalar aniqlandi:

GIS texnologiyalari arxeologik yodgorliklarni hududiy o'rganish, xaritalash va prognozlashda samarali vosita ekanini isbotladi.

3D rekonstruksiya texnologiyalari moddiy merosni qayta jonlantirish, saqlash va ommalashtirishda beqiyos ahamiyatga ega.

O'zbekistondagi arxeologik yodgorliklar misolida GIS va 3D texnologiyalaridan foydalanish tajribasi xalqaro miqyosdagi tadqiqotlarga integratsiya bo'lish imkonini berdi.

Bu texnologiyalar ilmiy izlanishlarni samarali qilish bilan birga turizm, ta'lim va madaniyat sohalarida ham keng imkoniyatlar yaratmoqda.

Muammolar mavjud bo'lsa-da, imkoniyatlarning ko'pligi O'zbekistonda bu texnologiyalarni keng tatbiq etish istiqbolini belgilab bermoqda.[7]

Arxeologiyada zamonaviy texnologiyalarning qo'llanilishi ilmiy izlanishlarning sifatini tubdan oshirib, yangi bosqichga olib chiqmoqda. GIS yordamida qadimiy yodgorliklarning hududiy tahlili, 3D rekonstruksiya orqali esa ularning vizual tiklanishi milliy va jahon ilmiy hamjamiyati uchun muhim ilmiy natijalar bermoqda. Bu jarayon O'zbekistonning boy arxeologik merosini saqlash, o'rganish va jahon miqyosida targ'ib qilish uchun keng imkoniyatlar ochib bermoqda.

Arxeologiya fanida zamonaviy texnologiyalarning, xususan, GIS (Geografik axborot tizimlari) va 3D rekonstruksiya usullarining qo'llanilishi so'nggi yillarda mutlaqo yangi ilmiy paradigmalarni shakllantirib berdi. Mazkur tadqiqot davomida

olib borilgan nazariy va amaliy tahlillar shuni ko'rsatadiki, arxeologik yodgorliklarni o'rganishda faqat an'anaviy qazish ishlari va laboratoriya tekshiruvlariga tayanish bugungi kun talablarini qondira olmaydi. Raqamli texnologiyalar yordamida esa nafaqat ilmiy izlanishlarning aniqligi oshadi, balki tarixiy merosni kelajak avlodga yetkazish, uni saqlash va ommalashtirishda yangi imkoniyatlar paydo bo'ladi.

Birinchidan, GIS texnologiyasi arxeologiyada joylashuvni aniqlash, hududiy bog'liqliklarni o'rganish va qadimiy landshaftlarni tiklashda beqiyos ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot davomida GIS yordamida olingan ma'lumotlarning aniqligi, ularning tarixiy jarayonlarni tahlil qilishdagi samaradorligi, shuningdek, turli yodgorliklar o'rtasidagi o'zaro aloqadorlikni tushuntirishdagi yengilligi alohida e'tirof etildi. Ayniqsa, katta hududlarda joylashgan arxeologik obyektlarni kompleks tahlil qilishda bu usulning afzalliklari yaqqol namoyon bo'ladi.

Ikkinchidan, 3D rekonstruksiya texnologiyasi arxeologik topilmalarni vizual tarzda qayta tiklash imkonini beradi. Qazilmalar jarayonida topilgan sopol buyumlar, arxitektura qoldiqlari yoki qadimiy inshootlarning dastlabki ko'rinishini ilmiy asosda tiklash, ularni raqamli shaklda saqlash va keng jamoatchilikka taqdim etish imkoniyati yuzaga keladi. Tadqiqot natijalari ko'rsatadiki, 3D rekonstruksiya nafaqat ilmiy tahlilni osonlashtiradi, balki ta'lim jarayonida ham samarali vosita sifatida xizmat qiladi. Bundan tashqari, virtual muzeylar yaratishda, tarixiy merosni turizm sohasiga tatbiq etishda ham uning ahamiyati beqiyosdir.

Uchinchidan, ushbu tadqiqotda aniq ko'rsatib o'tildiki, GIS va 3D texnologiyalarini uyg'un qo'llash arxeologik jarayonlarni yanada mukammalroq o'rganishga yordam beradi. Masalan, GIS orqali aniqlangan yodgorlik joylashuvlari va hududiy xaritalar 3D rekonstruksiya orqali vizual shaklda namoyon etilishi mumkin. Natijada, nafaqat olimlar, balki keng jamoatchilik ham qadimiy tarixni yanada to'liqroq idrok etadi.

To'rtinchidan, arxeologik izlanishlarda zamonaviy texnologiyalardan foydalanish jarayonida qator metodologik yondashuvlar ishlab chiqildi. Jumladan, ma'lumotlarni to'plash, ularni tizimlashtirish, raqamli formatga o'tkazish, tahlil qilish va natijalarni ilmiy hamda vizual shaklda namoyon etish kabi bosqichlar aniq izchil ketma-ketlikda amalga oshirilishi lozimligi oydinlashdi.

Beshinchidan, tadqiqot natijalari O'zbekistondagi arxeologik maktab uchun ham, xalqaro ilmiy hamjamiyat uchun ham katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega. O'zbekistonda qadimdan mavjud bo'lgan boy arxeologik merosni raqamli texnologiyalar yordamida o'rganish, uni kelajak avlodga yetkazishda samarali mexanizm sifatida xizmat qiladi. Shu bilan birga, bu yondashuv mamlakat turizm salohiyatini rivojlantirish, xalqaro ilmiy integratsiyani kuchaytirish va milliy merosni global miqyosda tanitishda muhim o'rin tutadi.

Yakuniy xulosa sifatida aytish mumkinki, GIS va 3D rekonstruksiya texnologiyalari arxeologiya fanida yangi davrni boshlab berdi. Ularning qo'llanilishi nafaqat ilmiy tadqiqotlarning sifatini oshiradi, balki moddiy madaniyat yodgorliklarini saqlash, restavratsiya qilish va keng jamoatchilikka taqdim etishda ham o'zining ijobiy samaralarini ko'rsatadi. Shu sababli, kelgusida ushbu texnologiyalarni yanada rivojlantirish, ulardan foydalanish bo'yicha metodik qo'llanmalar ishlab chiqish va amaliy tajribalarni kengaytirish arxeologiya fanining asosiy ustuvor vazifalaridan biri bo'lib qolishi kerak.

Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati

1. Абдуллаев, К. Археология ва маданий меросни ўрганишда рақамли технологиялар. – Тошкент: Фан, 2021.
2. Аскарлов, А. Ўзбекистон археологияси. – Тошкент: Ўқитувчи, 2005.
3. Бобомуродов, Ш. GIS технологиялари ва уларнинг тарихий тадқиқотларда қўлланилиши. – Тошкент: Университет нашриёти, 2019.
4. Зуфаров, Б. Маданий меросни сақлашда 3D технологиялардан фойдаланиш имкониятлари. – Тошкент: Иқтисод-Молия, 2020.
5. Кожанов, Э. Археологияда инновацион методлар: тажриба ва натижалар. – Самарқанд: СамДУ нашриёти, 2022.
6. Камолов, Ж. Ўзбекистонда археология фанини ривожлантиришда замонавий технологияларнинг ўрни. – Бухоро: БухДУ нашриёти, 2023.
7. Султанов, Т. Ўзбекистонда маданий туризм ва археологиянинг ўзаро боғлиқлиги. – Тошкент: Турон-Иқбол, 2021.
8. Клёсов, А.Н. Археология и компьютерные технологии. – Москва: Наука, 2015.
9. Reilly, P., & Shennan, S. Archaeology and the Information Age: A Global Perspective. – London: Routledge, 2021.
10. Smith, N. 3D Imaging in Archaeology and Cultural Heritage. – London: Routledge, 2016.