

**RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNING (3D-SKANERLASH, BIM MODELLAR)
O'ZBEKISTONDAGI ME'MORIY OBIDALARINI TADQIQ ETISH VA
RESTAVRATSIYADAGI O'RNI**

Murodova Maftuna Shavkatovna

Buxoro Davlat Texnika Universiteti magistranti.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18001403>

Annotatsiya. Ushbu maqolada O'zbekiston hududidagi me'moriy obidalarni tadqiq etish va ularni restavratsiya qilish jarayonlarida raqamli texnologiyalarning, xususan 3D-skanerlash va BIM (Building Information Modeling) modellarning o'rni tahlil qilinadi. Shu bilan birgalikda, 3D-skanerlash va BIM texnologiyalarning me'moriy obidalarni asrash va uni kelajak avlodga yetkazishdagi muhim o'rni haqida alohida to'xtanilgan.

Kalit so'zlar: O'zbekiston, 3D-skanerlash, BIM modellar, me'moriy obidalar, restavratsiya.

**РОЛЬ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ЗД-СКАНИРОВАНИЯ И BIM-МОДЕЛЕЙ) В
ИССЛЕДОВАНИИ И РЕСТОВАЦИИ АРХИТЕКТУРНЫХ ПАМЯТНИКОВ
УЗБЕКИСТАНА**

Аннотация. В данной статье анализируется роль цифровых технологий, в частности 3Д-сканирования и BIM-моделей, в исследовании и реставрации архитектурных памятников на территории Узбекистана. Также особое внимание уделено важной роли технологий 3Д-сканирования и BIM в сохранении архитектурных памятников и их передаче будущим поколениям.

Ключевые слова: Узбекистан, 3Д-сканирования, BIM-моделей, архитектурных памятников.

**THE ROLE OF DIGITAL TECHNOLOGIES (3D SCANNING AND BIM MODELS) IN
THE RESEARCH AND RESTORATION OF ARCHITECTURAL MONUMENTS IN
UZBEKISTAN**

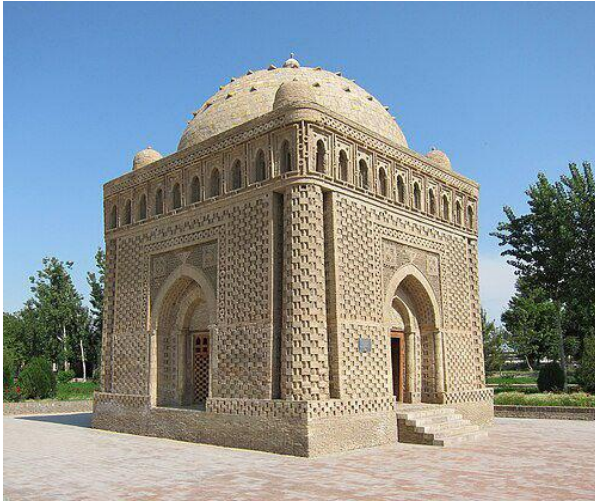
Annotation. The article analyzes the role of digital technologies, in particular 3D scanning and BIM models, in the study and restoration of architectural monuments in Uzbekistan. In addition, special attention is given to the important role of 3D scanning and BIM technologies in preserving architectural monuments and passing them on to future generations.

Keywords: Uzbekistan, 3D scanning, BIM models, architectural monuments, restoration.

Kirish

Bugungi globallashuv davrida raqamli texnologiyalar insoniyat faoliyatining barcha jabhalarida keng qo'llanilmoqda. Ayniqsa, madaniy meros obyektlarini o'rganish, ularni saqlash va restavratsiya qilish jarayonlarida ilg'or texnologiyalarni qo'llash masalasi dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

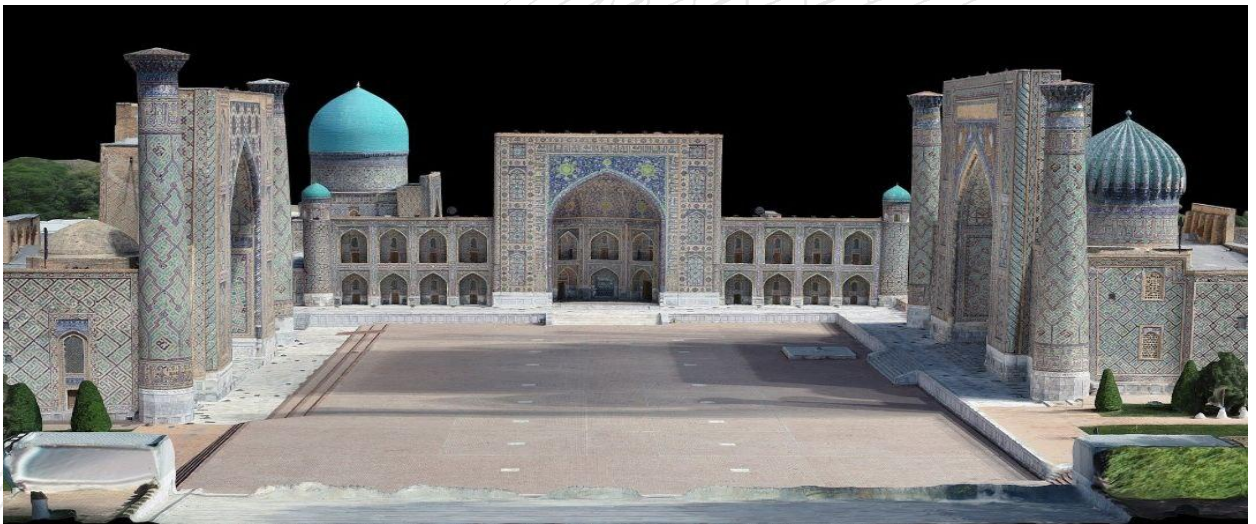
O'zbekiston boy tarixiy merosga ega mamlakatlardan biri bo'lib, undagi me'moriy obidalar — Registon majmuasi, Ismoil Somoniy maqbarasi, Pahlavon Mahmud maqbarasi, Bibi Xonim masjidi, Ichan-Qal'a kabi inshootlar — xalqimiz madaniyati, san'ati va me'morchiligining yuksak namunalari.



Ushbu obidalarni saqlash va ularning asl qiyofasini kelajak avlodlarga yetkazish uchun 3D skanerlash, fotogrammetriya, lazer o'lovchilari hamda BIM (Building Information Modeling) texnologiyalaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega. Mazkur texnologiyalar yodgorliklarning hozirgi holatini aniqlik bilan raqamli shaklda qayd etish, ularni tahlil qilish va restavratsiya jarayonlarini ilmiy asosda olib borish imkonini beradi.

Raqamli texnologiyalar deganda ma'lumotlarni raqamli shaklda yig'ish, qayta ishlash, saqlash va tahlil qilishga xizmat qiluvchi zamonaviy usullar tushuniladi. Me'moriy obidalar sohasida bunday texnologiyalarning asosiy turlari — 3D skanerlash, fotogrammetriya, BIM modellashtirish hamda “digital twin” (raqamli egizak) texnologiyalaridir.

*3D skanerlash — lazer nurlari yordamida obidani nuqtalar buluti (point cloud) shaklida raqamli o'lovchilari orqali modelga aylantirish jarayonidir. Bu usul yordamida obidaning har bir detali, hatto mayda yoriqlarigacha aniq qayd etiladi



*BIM modellar esa inshootning geometrik, konstruktiv, muhandislik va material tarkibini o'zida mujassam etuvchi raqamli model bo'lib, restavratsiya rejalashtirishda, material tanlashda, hamda smeta tayyorlashda qulaylik yaratadi. O'zbekistonda so'nggi yillarda raqamli texnologiyalarni madaniy merosni saqlash sohasiga tatbiq etish yo'lida bir qator ishlar amalga oshirilmoqda. “O'zbekiston madaniy meros obyektlarining raqamli platformasi” loyihasi doirasida ko'plab yodgorliklarning 3D modellarini yaratish ishlari olib borilmoqda. “3D Digital Silk Road” xalqaro loyihasi doirasida Buxoro, Samarqand, Xiva shaharlaridagi 20 dan ortiq tarixiy obidalar lazerli skanerlash usulida raqamlashtirilgan.

Ba'zi restavratsiya jarayonlarida (masalan, Buxorodagi Ismoil Somoniy maqbarasi) 3D skanerlash natijalari yordamida yo'qolgan elementlarning aniq nusxasi tiklangan.

BIM texnologiyalari esa yangi restavratsiya loyihalarini ishlab chiqishda qo'llanila boshladi. Bu jarayon obidalar haqidagi barcha ma'lumotlarni yagona raqamli muhitda jamlash va boshqarish imkonini bermoqda.

Raqamli texnologiyalarni qo'llashning afzalliklari:

Aniqlik va ishonchlilik: 3D skanerlash obida o'lchamlarini millimetr darajasidagi aniqlikda o'lchash imkonini beradi.

*Saqlanish kafolati: raqamli model yodgorlikning to'liq elektron nusxasini yaratadi va bu tabiiy ofatlar, yemirilish yoki inson omilidan himoya sifatida xizmat qiladi.

*Restavratsiyada yengillik: BIM modeli yordamida zararlangan qismlarni oldindan tahlil qilish va restavratsiya jarayonini optimallashtirish mumkin.

*Virtual taqdimot va turizm: yaratilgan 3D modellar yordamida AR/VR texnologiyalar asosida virtual ekskursiyalar tashkil etish orqali madaniy merosni targ'ib qilish imkoniyati paydo bo'ladi.

Albatta! Quyida raqamli texnologiyalarning tarixiy obidalarda qo'llanilishi haqida to'liq, ilmiy asoslangan ma'lumotni taqdim qilaman. Bu sizning mavzuingiz — "Raqamli texnologiyalarning (3D skanerlash, BIM modellar) O'zbekistondagi me'moriy obidalarni tadqiq etish va restavratsiyadagi o'rni" — uchun muhim bo'ladi.

3D skanerlash tarixiy obidalarni aniq hujjatlashtirish va saqlashda eng samarali texnologiyalardan biridir:

*Geometriya va holat aniqligi: Skaner yordamida obidani millimetr darajasida aniqlik bilan raqamli nusxaga olish mumkin.

*Restavratsiya jarayonini rejalashtirish: Nuqtalar buluti asosida zararlangan qismlarni tiklash, yangi elementlarni aniq joylashtirish mumkin.

*Monitoring: Vaqt o'tishi bilan obidaning holatini kuzatish, deformatsiya yoki buzilishlarni aniqlash.

*Virtual taqdimot: Turizm va ilmiy-tadqiqot maqsadida obidani virtual ko'rinishda taqdim etish.

Registon majmuasi Samarqandning markazida joylashgan tarixiy me'moriy kompleks bo'lib, uchta madrasa — Ulug'bek, Sherdor va Tillakori madrasalari —ni o'z ichiga oladi. Bu majmua XIV–XVII asrlarga mansub bo'lib, nafaqat O'zbekiston, balki butun dunyo me'moriy merosi sifatida e'tirof etilgan.



*3D skanerlash va fotogrammetriya :3D skanerlash va fotogrammetriya — obidalarni raqamli shaklga keltirishning zamonaviy texnologiyalari bo'lib, Registon majmuasida quyidagi maqsadlar uchun qo'llanilgan. Geometriya va detallarni aniq hujjatlashtirish: Lazer skanerlash yordamida majmua fasadlari, gumbazlar, minora va dekorativ elementlarning millimetr darajasida nuqtalar buluti (point cloud) yaratildi. Fotogrammetriya yordamida yuqori aniqlikdagi suratlar olinib, ular 3D modelga aylantirildi.

Restavratsiya va tahlil: Model yordamida bino deformatsiyalari va shikastlanishlar aniqlanadi. Restavratsiya jarayoni oldindan rejalashtiriladi, kerakli material va texnologiyalar aniqlanadi.

Monitoring va saqlash: Raqamli model orqali vaqt o'tishi bilan binoning holati kuzatiladi.

Digital Twin konsepti yordamida real va raqamli nusxa solishtirilib, buzilishlar oldini olish mumkin.

Turizm va ta'lim: Virtual ekskursiyalar, AR/VR dasturlar va interaktiv taqdimotlar yaratish imkoniyati mavjud.

Texnik jihatlar: Lazer skanerlash: FARO Focus3D va Leica RTC 360 kabi yuqori aniqlikdagi skanerlar ishlatilgan.

Fotogrammetriya: Yuqori sifatli rasmlar dronlar va DSLR kameralar yordamida olingan.

Raqamli model: Point cloud dan BIM/HBIM modeli yaratilgan, bu model obidani konstruktiv va dekorativ jihatlar bilan birlashtiradi.

Amaliy misollar: Nuqtalar buluti (Point Cloud): Majmuani 3D skanerlash natijasida yuz millionlab nuqtalar orqali qayd qilish.

HBIM modeli: Har bir gumbaz, ustun va devor elementi raqamli ma'lumot bilan boyitilgan. Virtual vizualizatsiya: Turistlar va talabalar majmua ichini raqamli muhitda aylanib ko'rish imkoniga ega.

Restavratsiya ishlari aniq va samarali rejalashtiriladi. Majmuani millimetr darajasida hujjatlashtirish orqali buzilish va yo'qolish xavfi kamayadi. Raqamli model turizm va ta'lim uchun interaktiv resurs bo'lib xizmat qiladi.

BIM (Building Information Modeling) — bu inshootning barcha konstruktiv va me'moriy elementlarini raqamli muhitda yaratish va boshqarish usuli. Har bir element — devor, gumbaz, ustun, material — haqida ma'lumot (metadata) saqlanadi:

*material turi

*konstruksiya xususiyatlari

*o'lchamlari va joylashuvi

*restavratsiya tarixi yoki holati

Tarixiy binolar uchun maxsus HBIM (Heritage BIM) yondashuvi qo'llaniladi. Bu holatda, tarixiy, madaniy va arxitektura ma'lumotlari ham raqamli modelga kiritiladi.

a) Restavratsiya va rekonstruksiya. BIM modeli yordamida binoning har bir elementi aniq geometrik va konstruktiv xususiyatlari bilan qayd qilinadi. Zararlangan qismlarni oldindan aniqlash va restavratsiya bosqichlarini rejalashtirish mumkin.

Misol: Ismoil Somoniy maqbarasi (Buxoro) uchun HBIM modeli yaratilib, restavratsiya jarayoni oldindan rejalashtirilgan.

b) Monitoring va saqlash. Binoning vaqt o'tishi bilan deformatsiyasi, buzilishi, tabiiy hodisalar natijasidagi o'zgarishlar kuzatiladi. Digital Twin konsepti orqali real binoni raqamli nusxa bilan doimiy solishtirish mumkin.

c) Ma'lumotlarni integratsiya qilish. BIM modeli binoning geometriyasi bilan birga materiallar, tarixiy hujjatlar, fotosuratlar va boshqa ma'lumotlarni birlashtiradi. Shu orqali restorator va tadqiqotchilar har qanday element haqida to'liq ma'lumotga ega bo'ladi.

d) Turizm va ta'lim. Raqamli model yordamida virtual ekskursiyalar tashkil qilish mumkin.

Xulosa qilib aytganda, bugungi kunda raqamli texnologiyalar me'moriy merosni asrab-avaylash va uni kelajak avlodga yetkazishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. 3D skanerlash va BIM modellar kabi ilg'or usullar tarixiy obidalarni aniq o'lchamda, detallarini yo'qotmagan holda raqamli shaklda saqlash imkonini beradi.

Ushbu texnologiyalar yordamida nafaqat obidalarni restavratsiya qilish, balki ularning hozirgi holatini tahlil qilish, zarar ko'rgan qismlarini aniqlash, hatto virtual muhitda tiklash ham mumkin. Bu jarayonlar O'zbekistonning boy madaniy merosini ilmiy asosda o'rganish, ta'lim va turizm sohalarida yangi imkoniyatlar yaratish uchun keng yo'l ochadi.

O'zbekistonda Registon majmuasi, Ismoil Somoniy maqbarasi, Ichan Qal'a kabi yodgorliklarda 3D skanerlash va HBIM modellarni qo'llash orqali tarixiy obidalarni saqlashning yangi bosqichi shakllanmoqda. Kelgusida ushbu tajribalarni kengaytirish, raqamli texnologiyalarni barcha restavratsiya jarayonlariga tatbiq etish, mutaxassislar tayyorlash va xalqaro hamkorlikni rivojlantirish mamlakatimiz madaniy merosini saqlashda katta ahamiyat kasb etadi.

Shunday qilib, raqamli texnologiyalar — bu nafaqat zamonaviy ilmiy vosita, balki O'zbekiston tarixining bebaho durdonalarini abadiylashtirishga xizmat qiluvchi muhim ko'prikdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YHATI

1. Lindsay MacDonald. "Digital Heritage: Applying Digital Imaging to Cultural Heritage" 250-264 betlar.
2. Zhengbing Hu. "3D Scanning and Modeling: Principle and Applications" 295-300 betlar.
3. U.Usmonova "BIM texnologiyalari va me'morchilik" 2022-yil. 165-205 betlar.
4. J.To'rayev. "Me'moriy obidalarni raqamli modellashtirish asoslari" 2021-yil. 95-160 betlar.
5. B.Abdullayev. "Tarixiy obidalarni ilmiy tadqiq etish va restavratsiya metodlari" 2020-yil. 150-190 betlar.