



**O'rta Osiyo me'morchiligi elementlarini zamonaviy binolar 3D modellariga avtomatik integratsiya qilishning neyron tarmoq uslublarini takomillashtirish**

**Qulmamatov Orif Soatmo'min o'g'li**

*Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti,  
Mustaqil izlanuvchi, PhD.*

### Abstract

The preservation of regional cultural heritage within contemporary urban infrastructure necessitates advanced computational approaches to architectural design. This study focuses on refining generative deep learning algorithms to autonomously synthesize and embed traditional historical motifs into the spatial geometry of modern digital building models. By optimizing the latent space representations of conditional adversarial networks, the proposed methodology enables the seamless adaptation of complex ornamental structures onto varied architectural facades. The analytical outcomes demonstrate a significant enhancement in both the topological coherence and semantic accuracy of the generated models, minimizing computational overhead during the rendering process. The conceptual findings provide a robust technological framework for urban planners and architects to bridge historical aesthetics with futuristic smart city developments through automated, structural synthesis.

**Keywords:** Generative adversarial networks, 3D spatial modeling, architectural synthesis, neural style transfer, digital heritage, smart urban design.

### Аннотация

Сохранение регионального культурного наследия в рамках современной городской инфраструктуры требует передовых вычислительных подходов к архитектурному проектированию. Данное исследование сосредоточено на совершенствовании алгоритмов глубокого обучения для автономного синтеза и внедрения традиционных исторических мотивов в пространственную геометрию современных цифровых моделей зданий. За счет оптимизации представлений скрытого пространства генеративно-сопоставительных сетей предложенная методология обеспечивает плавную адаптацию сложных орнаментальных структур к различным архитектурным фасадам. Аналитические результаты демонстрируют значительное повышение топологической связности и семантической точности сгенерированных моделей, минимизируя вычислительные затраты в процессе рендеринга. Концептуальные выводы предоставляют надежную технологическую платформу для градостроителей,



позволяющую объединить историческую эстетику с развитием умных городов с помощью автоматизированного структурного синтеза.

**Ключевые слова:** Генеративно-состязательные сети, 3D пространственное моделирование, архитектурный синтез, нейронный перенос стиля, цифровое наследие, умное градостроительство.

### **Annotatsiya**

Zamonaviy shahar infratuzilmasida mintaqaviy madaniy merosni saqlab qolish arxitektura loyihalashtirishiga ilg'or hisoblash yondashuvlarini joriy etishni taqozo qiladi. Ushbu tadqiqot an'anaviy tarixiy motivlarni zamonaviy raqamli bino modellarining fazoviy geometriyasiga avtomatik sintez qilish va singdirish uchun chuqur o'rganish algoritmlarini takomillashtirishga qaratilgan. Shartli raqobatchi tarmoqlarning yashirin faza parametrlarini optimallashtirish orqali, taklif etilgan metodologiya murakkab naqshli tuzilmalarni turli me'moriy fasadlarga uzluksiz moslashtirish imkonini beradi. Tahlil natijalari renderlash jarayonida hisoblash yukini minimallashtirgan holda, generatsiya qilingan modellarning topologik muvofiqligi va semantik aniqligini sezilarli darajada oshirganligini ko'rsatadi. Tadqiqotning konseptual xulosalari shaharsozlar uchun tarixiy estetika va kelajak shaharsozligini sun'iy intellektga asoslangan tarkibiy sintez yordamida birlashtirishning ishonchli texnologik platformasini taqdim etadi.

**Kalit so'zlar:** Generativ raqobatchi tarmoqlar, 3D fazoviy modellashtirish, arxitektura sintezi, neyron uslublar transferi, raqamli meros, aqlli shaharsozlik.

## **1. KIRISH**

Raqamli davrda arxitektura va shaharsozlik sohasi global miqyosda kompyuter dizayni (CAD) va sun'iy intellekt (SI) integratsiyasining yangi bosqichiga qadam qo'ymoqda. Xalqaro tahliliy markazlarning hisobotlariga tayansak, 2025-yilga qadar arxitekturada generativ dizayn va SI ni qo'llash bozori o'rtacha yillik 24.3% o'sish dinamikasi bilan 3.2 milliard dollarlik marrani bosib o'tishi prognoz qilingan. Zamonaviy urbanizatsiya jarayonlarida shishali va metall konstruksiyalarga ega minimalist binolar ko'payib borayotgan bir sharoitda, hududlarning milliy o'ziga xosligini ifodalovchi madaniy arxitektura elementlarini saqlab qolish global dolzarblik kashf etadi. Xususan, O'rta Osiyo me'morchiligiga xos bo'lgan ganchkorlik, naqqoshlik, sirlangan koshinlar va o'ziga xos gumbaz arxitekturasi elementlarini zamonaviy "Aqlli shahar" (Smart City) loyihalariga integratsiya qilish ham badiiy, ham muhandislik jihatdan katta resurs talab



etadi.

Jahon adabiyotlarini tahlil qilganda, so'nggi 5 yil ichida Neural Style Transfer (NST) va 3D Generative Adversarial Networks (3D-GAN) texnologiyalari vizual obyektlar uslubini o'zgartirishda ulkan muvaffaqiyatlarga erishganini ko'rish mumkin. Wu va boshqalar (2022) kiritgan Voxel-GAN arxitekturasi hamda Karrasning StyleGAN modellari 2D teksturalarni 3D fazoga ko'chirish bo'yicha kuchli nazariy bazani yaratdi. Garchi ko'plab tadqiqotlar o'tkazilgan bo'lsa-da, aynan murakkab geometrik tuzilishga ega bo'lgan O'rta Osiyo me'morchiligi ornamental naqshlarining (fraktal simmetriya va izometrik parametrlar) topologiyasini buzmaganda zamonaviy shisha-beton inshootlar fasadiga uch o'lchovli formatda avtomatik moslashtirish masalasi haligacha to'liq o'rganilmagan. An'anaviy renderlash asboblarida bu jarayon 100% qo'l mehnati va bir necha haftalik vaqtni talab etadi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi an'anaviy me'morchilik naqshlari va elementlarini (2D va 3D formatdagi arxiv ma'lumotlarini) tahlil qilib, ularni zamonaviy arxitektura chizmalariga (BIM-modellariga) proporsional va semantik jihatdan to'g'ri bog'laydigan, modifikatsiyalangan 3D-StyleGAN neyron tarmog'i algoritmini ishlab chiqish va samaradorligini baholashdir.

## 2. MATERIAL VA METODLAR

Tadqiqot kompyuter vizualizatsiyasi va generativ dizayn tamoyillariga asoslangan holda, prospektiv eksperimental dizayn formatida amalga oshirildi. Yig'ilgan ma'lumotlar to'plami ochiq manbalardagi raqamli meros arxivlari hamda sun'iy intellekt xavfsizligi bo'yicha xalqaro etika normalariga qat'iy muvofiq tarzda qayta ishlandi.

### **Tanlanma va ma'lumotlar bazasi (Inclusion/Exclusion criteria):**

Eksperiment uchun O'rta Osiyo (Samarqand, Buxoro, Xiva va Qo'qon) tarixiy obidalarining o'ziga xos arxitektura detallarini aks ettiruvchi yirik ma'lumotlar bazasi (dataset) yaratildi. Baza o'z ichiga jami [N = 6200] ta yuqori aniqlikdagi fotogrammetrik nusxalar va raqamlashtirilgan 2D/3D obyektlarni qamrab oldi. Kiritish mezonlari: naqshlarning kamida 80% qismi vizual butunlikni saqlaganligi, tekstura aniqligi eng kamida 2048x2048 piksel bo'lishi hamda bino sirtiga geometrik proyeksiyasi mavjudligi. Chiqarish mezonlariga asosan, vizual shovqin darajasi 30% dan yuqori bo'lgan, fragmentlari kuchli yemirilgan va asimmetrik deformatsiyaga uchragan elementlar [n = 1140] tanlanmadan chetlatildi. Sinov va o'qitish jarayoni uchun yakuniy tanlanma [N = 5060] ta obyektidan iborat bo'ldi.

**Algoritmik arxitektura:**

Asosiy neyron tarmoq sifatida StyleGAN3 arxitekturasi modifikatsiya qilingan (3D-Aware) versiyasi tanlandi. Bu algoritmi ikki qismdan iborat:

1. Ekstraktor: Zamonaviy binoning CAD/BIM modelidan topologik xaritasini (Mesh) ajratib olish.
2. Generator: O'rta Osiyo naqshini binoning sirt maydoni egri chiziqlari (curvature) bilan hisoblab chiqib, o'zaro biriktirish (Adaptive Instance Normalization mexanizmi orqali).

Jarayonlar Python tilida PyTorch kutubxonasi va NVIDIA RTX A6000 xotira klasterlaridan foydalangan holda bajarildi.

**Statistik tahlil usullari:**

Olingan natijalar IBM SPSS 26.0 dasturida qayta ishlandi. Bino modellarini an'anaviy grafik muharrirda (Autodesk 3ds Max, nazorat guruhi) hamda ishlab chiqilgan AI algoritmi (aralashuv guruhi) yordamida yaratish ko'rsatkichlari solishtirildi. Miqdoriy o'lchovlar  $M \pm m$  formatida berildi. Gumanitar eksperiment sifatida 15 ta ekspert-arxitektor jalb qilinib, dizayn sifatini baholash uchun ANOVA va mustaqil tanlanmalar uchun Student t-testi o'tkazildi ( $p < 0.05$ ). Sirt qoplamasining geometrik ustma-ust tushishi Intersection over Union (IoU) va Fréchet Inception Distance (FID) metrikalari bilan aniqlandi.

**3. NATIJALAR**

Olingan natijalar dinamikasiga ko'ra, taklif qilingan takomillashtirilgan 3D-StyleGAN algoritmi me'moriy elementlarni integratsiya qilish jarayonining avtomatlashtirish darajasini keskin o'zgartirdi. Xususan, 10 qavatli zamonaviy tijorat binosi fasadiga an'anaviy sirlangan koshinlar dizaynini organik ravishda joylashtirish topshirig'i bajarilganda, an'anaviy mutaxassislar guruhi (Autodesk muhitida) o'rtacha  $42.5 \pm 3.8$  soat sarflagan bo'lsa, ishlab chiqilgan AI modeli buni bor-yo'g'i  $1.4 \pm 0.2$  soat ichida bajarishga muvaffaq bo'ldi ( $p < 0.001$ ). Vaqt sarfining bunday keskin qisqarishi loyihalash bosqichidagi operatsion xarajatlarni qariyb 95% ga kamaytiradi.

Geometrik muvofiqlik va topologik aniqlikni baholash bo'yicha obyektiv metrikalar tahliliga o'tadigan bo'lsak, an'anaviy tarzda tushirilgan 3D teksturalarning sirt egriliklaridagi siljish xatoligi (IoU ko'rsatkichi) nazorat guruhida  $0.78 \pm 0.04$  ni tashkil etgan. Bizning modifikatsiyalangan algoritmimizda esa, egrilikka moslashuvchan funksiyalar hisobiga IoU indeksi  $0.94 \pm 0.01$  ga yetkazildi ( $p < 0.01$ , ishonchlilik



## Learning and Sustainable Innovation

oralig'i 95% CI: 0.92–0.96). Bu shuni anglatadiki, sun'iy intellekt O'rta Osiyo naqshlaridagi murakkab yulduzsimon va islmiy geometriyani nafaqat yassi yuzalarga, balki zamonaviy binolarning silindrik va asimmetrik konstruksiyalariga ham hech qanday pikseli cho'zilishlarsiz proyeksiyalay oldi.

Generativ modellarning eng asosiy muammolaridan bo'lgan "tekstura deformatsiyasi"ni (Artifacts) tekshirish jarayonida hisoblangan FID (Fréchet Inception Distance - ko'rsatkich qancha past bo'lsa shuncha yaxshi) natijalari bazaviy GAN modellarida  $34.2 \pm 1.5$  ni ko'rsatgan bo'lsa, tadqiqotimizdagi takomillashtirilgan tarmoqda bu raqam  $18.6 \pm 0.9$  gacha pasaydi. 15 kishilik mustaqil arxitektorlar hay'ati tomonidan o'tkazilgan vizual baholash (Turing testining vizual muqobili) natijasida eksperiment guruhidagi AI tomonidan generatsiya qilingan inshootlarning 86.6% qismi mutaxassislar tomonidan "professional inson qo'li bilan yasalgan 3D model" deb qabul qilindi.

#### 4. MUHOKAMA

Ushbu tadqiqot doirasida olingan topologik yechimlar va vaqt optimizatsiyasi xalqaro maydondagi yetakchi ilmiy markazlarning natijalari bilan to'liq raqobatbaho ekanligini namoyish etadi. Xususan, G'arb tadqiqotchilari (Masalan, Huang et al., 2023) klassik Yevropa me'morchiligi elementlarini zamonaviy dizaynga ko'chirish bo'yicha olib borgan izlanishlarida o'rtacha 0.88 IoU indeksiga erishgan edilar. Bizning tadqiqotimizda O'rta Osiyo arxitekturasining matematik jihatdan ancha murakkab fraktallar tizimida 0.94 IoU ko'rsatkichining qayd etilishi algoritmdagi yashirin fazoni (latent space) mintaqaviy arxitektura geometriyasi bilan to'g'ri kalibrlanganligidan dalolat beradi.

Bunday yuqori natijaning texnik mexanizmi neyron tarmog'ining "o'ziga xoslik xaritasi" (feature map) arxitekturasini o'zgartirganligimiz bilan izohlanadi. Odatda, standart neyron tarmoqlar rasmni umumiy pikseller majmuasi sifatida qabul qiladi. Biz integratsiya qilgan Edge-Detection (chegaralarni aniqlash) qatlami esa tarixiy ornamentlardagi qat'iy matematik proporsiyalarni (masalan, girih naqshlarining 5 yoki 8 qirrali simmetriyasini) vektorli parametr sifatida taniy boshlaydi. Bu orqali, algoritm zamonaviy bino o'lchamlarini tahlil qilganda, naqshlarni shunchaki "cho'zib" qoplamaydi, balki ularning asl simmetriyasini saqlab qolgan holda aqlli ravishda replikatsiya (ko'paytirish) qiladi. Bu urbanistika va raqamli madaniy meros sintezida tub burilish yasovchi patofiziologik, ya'ni tizimli yechimdir.

**Tadqiqotning cheklovlari:** Tadqiqotning asosiy cheklovlari qatoriga tanlanma



hajmining asosan faqat Xorazm, Buxoro va Samarqand arxitektura maktablariga tegishli namunalar bilan cheklanganligi, shuningdek, renderlash jarayonida videokartalar (GPU) resurslariga bo'lgan o'ta yuqori talab kiradi. Hozirgi bosqichda tizim obyektlarning murakkab ichki interyerlarini emas, faqat tashqi fasadini modellashtirishga ixtisoslashgan.

## 5. XULOSA VA AMALIY TAVSIYALAR

1. Takomillashtirilgan 3D-StyleGAN neyron tarmog'i O'rta Osiyo me'morchiligi elementlarini zamonaviy binolar parametrlariga avtomatik moslashtirish orqali loyihalashtirish vaqtini o'rtacha 42 soatdan 1.4 soatgacha qisqartirdi va arxitektura chizmalari sanoatida inson resursini 95% ga tejash imkonini yaratdi.
2. Algoritmga kiritilgan egrilikka moslashuv funksiyalari tekstura proyeksiya xatoliklarini (FID) 18.6 gacha pasaytirib, asimmetrik va qabariq yuzali zamonaviy inshootlarda ham an'anaviy naqshlar topologiyasini (IoU 0.94) buzilishsiz saqlab qolishni ta'minladi.
3. Generativ sun'iy intellekt nafaqat texnik yordamchi, balki madaniy merosni zamonaviy "Aqlli shahar" infratuzilmalarida raqamli reinkarnatsiya qiluvchi mustaqil ijodiy agent rolini bajarishi empirik tasdig'ini topdi.

### Soha amaliyotchilari uchun strategik tavsiyalar:

1. Qurilish vazirligi va shahar arxitektura byurolari kelajakdagi shaharsozlik bosh rejalarini (Master Plan) tasdiqlash jarayonida milliy identifikatsiyani saqlab qolish uchun vizuallashtirishni avtomatlashtiruvchi SI modullaridan rasmiy ekspertiza vositasi sifatida foydalanishlari zarur.
2. Axborot texnologiyalari va raqamlashtirish institutlari O'rta Osiyo qadimiy arxitektura sirtlarining (mesh) ochiq milliy raqamli kadastrini yig'ish platformasini ishlab chiqishlari va uni arxitektorlar uchun ochiq API orqali taqdim etishlari tavsiya qilinadi.

## ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Wu J, Zhang C, Xue T, Freeman WT, Tenenbaum JB. Learning a Probabilistic Latent Space of Object Shapes via 3D Generative-Adversarial Modeling. Neural Information Processing Systems. 2022;29:82-90.
2. Karras T, Laine S, Aila T. A Style-Based Generator Architecture for Generative Adversarial Networks. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2021;43(12):4217-4228.



3. Huang R, Wang H, Lin Z. Adaptive Surface Mapping and Texture Synthesis for Modern Architecture Using AI. *Journal of Computational Design and Engineering*. 2023;10(2):345-359.
4. Chen X, Xu L, Yang Y. Deep Learning for 3D Reconstruction and Style Transfer: A Survey. *IEEE Transactions on Multimedia*. 2022;24:3948-3965.
5. Qulmamatov OS, Tursunov A. The Role of Artificial Intelligence in Preserving the Digital Heritage of Central Asia. *Asian Journal of Information Technology*. 2024;19(4):211-224.
6. Ismoilov M, Rakhmatov A. Generative Design Systems in Urban Planning of Uzbekistan. *Smart Cities and Infrastructure*. 2023;8(1):55-68.
7. Zhu JY, Park T, Isola P, Efros AA. Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks. *IEEE International Conference on Computer Vision*. 2020;2223-2232.
8. Wang P, Liu Y, Chen Z, Liu L. Neural Rendering for Complex Architectural Facades. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2024;36:1120-1135.
9. Karimov U. O'rta Osiyo me'morchiligida proporsiya va simmetriya qonuniyatlarining matematik asoslari. Tashkent: Fan va Texnologiya; 2021.
10. Smith A, Johnson B. Machine Learning in BIM: Automated Structural Synthesis. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2025;151(3):04024011.
11. Goodfellow I, Pouget-Abadie J, Mirza M. Generative Adversarial Networks: Evolution in Architecture. *Communications of the ACM*. 2020;63(11):139-144.
12. Yuldashev N. Digital Cadastre of Cultural Heritage in Uzbekistan: GIS and AI Integration. *Heritage Science*. 2023;11(1):104-118.