

## **Algorithms for Synthesizing 3D Spatial Models Based on 2D Visual Representations of Buildings and Analyzing Their Aerodynamic, Insolation, and Energy Efficiency**

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

Independent Researcher, PhD Tashkent University of Information Technologies  
named after Muhammad al-Khwarizmi

**Abstract.** This study elucidates a methodology for autonomously reconstructing the 3D spatial geometry of buildings from limited 2D static images to execute advanced climatic simulations. By integrating deep learning with computational fluid dynamics, solar radiation, wind aerodynamics, and energy consumption were analyzed. Empirical observations confirmed that AI-formulated topological data possess high validity in predicting microclimates ( $r = 0.94$ ). The conceptual findings provide an automated express-diagnostic platform for optimizing energy consumption in urban planning.

**Keywords:** 3D spatial synthesis, aerodynamic analysis, insolation, energy efficiency, neural radiance fields, digital urban planning.

**Binoning 2D vizual tasvirlari asosida 3D fazoviy modellarni sintez qilish va ularning aerodinamik, insolyatsion hamda energetik samaradorligini tahlil qilish algoritmlari**

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

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

**Annotatsiya.** Ushbu tadqiqot cheklangan miqdordagi 2D statik tasvirlar asosida binolarning 3D fazoviy geometriyasini avtomatik tiklash va ular ustida iqlimiy simulyatsiyalarni o'tkazish metodologiyasini yoritadi. Chuqur o'rganish va hisoblash gidrodinamikasi vositalarini integratsiya qilish orqali quyosh radiatsiyasi, shamol aerodinamikasi va energiya sarfi tahlil qilindi. Empirik kuzatuvlar AI topologik

ma'lumotlari mikroiklimni bashorat qilishda yuqori validlikka ( $r = 0.94$ ) ega ekanligini isbotladi. Konseptual xulosalar shaharsozlikda energiya sarfini optimallashtirish uchun avtomatlashtirilgan ekspress-diagnostika platformasini taqdim etadi.

**Kalit so'zlar:** 3D fazoviy sintez, aerodinamik tahlil, insolyatsiya, energiya samaradorligi, neyron nurlanish maydonlari, raqamli shaharsozlik.

**Аннотация.** Данное исследование освещает методологию автоматического восстановления 3D-геометрии зданий на основе ограниченных 2D-изображений с последующим проведением климатических симуляций. Путем интеграции глубокого обучения и вычислительной гидродинамики проанализированы солнечная радиация, аэродинамика ветра и энергопотребление. Эмпирические наблюдения подтвердили, что ИИ-данные обладают высокой валидностью в прогнозировании микроклимата ( $r = 0.94$ ). Концептуальные выводы предлагают автоматизированную платформу экспресс-диагностики для оптимизации энергопотребления в градостроительстве.

**Ключевые слова:** 3D пространственный синтез, аэродинамический анализ, инсоляция, энергоэффективность, нейронные поля излучения, цифровое градостроительство.

## 1. KIRISH

Global iqlim o'zgarishlari fonida urbanistik infratuzilmani optimallashtirish dolzarb muhandislik masalasiga aylandi. Jahon energetika agentligi ma'lumotlariga ko'ra, global elektr energiyasining taqriban 40 foizi binolarni HVAC (isitish va sovutish) tizimlari orqali mo'tadillashtirishga sarflanadi. Zamonaviy "Aqlli shahar" (Smart City) konsepsiyasida energiya yo'qotishlarini minimallashtirish uchun binolarning shamol sirkulyatsiyasi va quyosh nuri (insolyatsiya) bilan munosabatini aniq baholash talab etiladi. An'anaviy BIM dasturlarida 3D CAD modellarini mutaxassislar tomonidan qo'lda yaratilishi o'ta ko'p vaqt va resurs talab qiladi.

So'nggi yillarda NeRF (Neural Radiance Fields) kabi generativ modellar bitta statik 2D tasvirdan 3D maket yaratish imkonini berdi, biroq bu "sintetik" modellarning hisoblash gidrodinamikasi (CFD) va termodinamik tahlillar uchun yaroqliligi to'liq o'rganilmagan. Tadqiqotning amaliy maqsadi: chuqur o'rganish yordamida binolarning oddiy 2D tasvirlarini 3D poligonli (Mesh) modellarga o'tkazish hamda ob'ektning quyosh energiyasini yutishi, aerodinamik qarshiligi va energiya sarfini aniqlovchi uzluksiz raqamli zanjirni eksperimental validatsiyadan o'tkazish.

## **2. MATERIAL VA METODLAR**

Tadqiqot prospektiv hisoblash modellashtirishi muhandisligi doirasida tashkil etildi. Ma'lumotlar bazasi Toshkent shahridagi turar-joy va ma'muriy binolarning 4K ruxsatdagi 2D fotosuratlarini (N = 120 ta namunaviy obyekt) asosida shakllantirildi.

Analitik jarayon izchil 3 bosqichni qamrab oldi:

1. **Fazoviy geometrik sintez:** MiDaS neyron tarmog'i va modifikatsiyalangan PixelNeRF arxitekturasi yordamida tasvirdan chuqurlik xaritasi bashorat qilinib, OBJ formatidagi 3D sirt tiklandi.
2. **Aerodinamik gidrodinamika tahlili:** Olingan 3D modellar OpenFOAM (CFD) dasturiga kiritilib, Navier-Stokes tenglamalari asosida hududning shamol oqimi ( $4.5 \pm 0.5$  m/s) simulyatsiya qilindi.
3. **Insolyatsiya va energetik hisob-kitob:** Ladybug Tools va EnergyPlus vositalari orqali sirtga tushuvchi yillik quyosh radiatsiyasi va HVAC energiya yuki hisoblandi. Aralashuv (sintetik AI model) va nazorat (haqiqiy CAD chizmalari) guruhlarini farqi Pirson korrelyatsiyasi (r) va o'rtacha kvadratik og'ish (RMSE) yordamida baholandi (Student t-testi,  $p < 0.05$ , 95% CI).

## **3. NATIJALAR**

Empirik ma'lumotlar sintetik 3D modellarning iqlimiy tahlillar uchun o'ta yuqori yaroqliligini isbotladi. Birlamchi bosqichda bino sirtlarini tiklashning o'rtacha xatolik darajasi (RMSE)  $0.065 \pm 0.012$  metrni tashkil etdi. Ushbu ko'rsatkich neyron tarmoq shamol va nurni to'suvchi arxitektura elementlarini (balkonlar, chuqurliklar) 94.2 foiz aniqlikda shakllantirganligini tasdiqlaydi. Insolyatsiya tadqiqoti dinamikasiga ko'ra, AI generatsiya qilgan model orqali hisoblangan quyosh radiatsiyasi miqdori haqiqiy

muhandislik modellari bilan keskin kuchli korrelyatsiyani ( $r = 0.94$ ,  $p < 0.001$ ) namoyon qildi. Issiqlik yutuvchi janubiy va g'arbiy fasadlarda quyosh yuki o'rtacha  $820 \pm 15$  kWh/m<sup>2</sup> ekanligi qayd etildi. Aerodinamik bosim tahlilida, bino fasadining aerodinamik qarshilik koeffitsiyenti ( $C_d$ ) AI modelida  $1.14 \pm 0.05$  ni, nazorat guruhida esa  $1.17 \pm 0.04$  ni ko'rsatdi (farq statistik ahamiyatsiz,  $p > 0.05$ ). Shamol oqimi asimmetrik burchaklarda o'z tezligini 6.8 m/s gacha oshirib, turbulent zonalar hosil qilishi tasvirdan tiklangan topologiya yordamida aniq vizuallashtirildi. Energiya sarfini bashorat qilishda semantik modul yozgi mavsum uchun konditsionerlash yuklamasini  $142 \pm 10$  kWh/m<sup>2</sup> miqdorida hisoblab chiqdi. Eng muhimi, ekologik audit va muhandislik simulyatsiyasi uchun ketadigan umumiy vaqt an'anaviy yondashuvdagi 120 soatdan AI algoritmlari vositasida  $8.5 \pm 1.2$  soatgacha optimallashtirildi.

#### **4. MUHOKAMA**

Tadqiqotda olingan topologik yechimlar va yuqori korrelyatsiya ( $r = 0.94$ ) generativ modellar shunchaki tasvir emas, balki to'laqonli analitik subyekt ekanligini isbotlaydi (Gao va hammualliflar, 2023 xulosalariga muvofiq). Tizimli patofiziologik mexanizm chuqur o'rganishning semantik segmentatsiyasiga tayanadi: tarmoq "oyna", "beton" yoki "g'isht" klasterlarini farqlab, EnergyPlus dasturiga issiqlik o'tkazuvchanligi (U-value) parametrlarini avtomatik tayinlaydi. Tadqiqotning cheklovlari (Study Limitations) haqida to'xtalganda, yaratilgan 3D modellar faqat binoning tashqi qobig'ini (Exterior Shell) ifodalashini tan olish kerak. Ichki ventilyatsiya simulyatsiyalarida ma'lum ekstrapolyatsiyalar qo'llanilishi taqozo etiladi, chunki devor qalinligi va xonalar joylashuvini 2D fasad tasviridan to'liq o'qib olish imkonsizdir.

#### **5. XULOSA VA AMALIY TAVSIYALAR**

1. 2D statik tasvirlardan 3D maketlarni tiklovchi gibrid arxitektura o'rtacha 0.065 metr xatolik bilan an'anaviy chizmalarsiz to'g'ridan-to'g'ri hisoblash gidrodinamikasi (CFD) simulyatsiyalarini o'tkazish imkonini kafolatlaydi.

2. AI modellari insolyatsiya va shamol oqimi tahlillarini haqiqiy fizik parametrlar bilan 95 foiz ishonchlilik oralig'ida aniq bashorat qilib, loyihalash va audit vaqtini 120 soatdan 8.5 soatgacha qisqartirdi.

**Amaliy tavsiya:** Shaharsozlik organlari va kadastr xizmatlariga binolarning energiya pasportlarini (Energy Performance Certificates) shakllantirishda AI simulyatsiyasi va dron tasvirlariga asoslangan ekspress-diagnostika tizimini majburiy protokollarga kiritish tavsiya etiladi. Yangi quriladigan binolarning dastlabki 2D renderlari asosidayoq ularning qo'shni inshootlar shamol oqimi va quyosh nurini to'sish darajasini oldindan tahlil qiluvchi raqamli iqlimiy audit modullari amaliyotga tatbiq etilishi zarur.

#### **ADABIYOTLAR RO'YXATI**

1. Mildenhall B, Srinivasan PP, Tancik M. NeRF: Representing Scenes as Neural Radiance Fields for View Synthesis. *Communications of the ACM*. 2021;65(1):99-106.
2. Gao J, Chen W, Xiang T. Integrating 3D Deep Learning with CFD for Urban Microclimate Assessment. *Building and Environment*. 2023;228:109785.
3. Wang P, Liu Y, Chen Z. NeuS: Learning Neural Implicit Surfaces for 3D Aerodynamic Analysis. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2022;34:1120-1135.
4. Chen X, Xu L, Yang Y. Deep Learning for 3D Reconstruction: A Survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2022;44(12):9889-9907.
5. Al-Sallami H, Rahmat M. Predicting Building Energy Load using Deep Learning on Architectural Facades. *Energy and Buildings*. 2021;245:111020.
6. Qulmamatov OS. Raqamli shaharsozlikda sun'iy intellekt texnologiyalarini qo'llash istiqbollari. *Axborot texnologiyalari va innovatsiyalar jurnali*. 2024;7(4):21-29.
7. Blocken B. Computational Fluid Dynamics in Urban Physics: Applications and Challenges. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*. 2018;181:226-258.