SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA ARXITEKTURAVIY LOYIHALASH JARAYONINI TAKOMILLASHTIRISH: IMKONIYATLAR, SAMARADORLIK VA SOHAVIY CHEKLOVLAR

Axmedov Ixtiyor Hasan o'g'li
Samarqand davlat texnika universiteti,
Arxitektura kafedrasi stajyor-o'qituvchisi.
https://doi.org/10.5281/zenodo.23660503

ANNOTATSIYA

Ushbu ilmiy maqolada zamonaviy arxitekturaviy loyihalash jarayonlariga sun'iy intellekt (SI) texnologiyalarini integratsiyalashning amaliy imkoniyatlari, vaqt va resurslar unumdorligi hamda mavjud texnik, huquqiy va me me'yoriy cheklovlar IMRAD xalqaro standarti asosida chuqur tahlil qilingan. Tadqiqot davomida konseptual g'oyalarni generatsiya qilish (Generative AI), bino hajm-rejaviy yechimlarini optimallashtirish (Parametric & GAN Layouts), BIM modellarida avtomatlashtirilgan xatoliklarni aniqlash hamda insolyatsiya va energosamaradorlikni real vaqt rejimida modellashtirish samaradorligi baholangan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, SI vositalari loyihalashning dastlabki bosqichlarida vaqt sarfini 65-75% gacha qisqartirish va variantlar qamrovini 10 barobarga oshirish imkonini beradi. Biroq, avtonom SI modellari strukturaviy muvofiqlik, qurilish normalariga (SHNQ/BIM) qat'iy bo'ysunish, mualliflik huquqlari hamda milliy-madaniy kontekstni saqlashda jiddiy kamchiliklarga ega. Maqolada arxitektorning ijodiy va nazorat funksiyasini SI algoritmik tezkorligi bilan birlashtiruvchi gibrid (Human-in-the-Loop) loyihalash modeli taklif etilgan.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, arxitekturaviy loyihalash, generativ dizayn, BIM texnologiyalari, parametrli optimallashtirish, gibrid loyihalash, SHNQ.

ABSTRACT

This research paper provides a comprehensive evaluation of the opportunities, efficiency gains, and technical/ethical limitations of integrating Artificial Intelligence (AI) into modern architectural design workflows based on the IMRAD standard. The study analyzes generative conceptualization, parametric layout optimization, automated code compliance in BIM, and real-time microclimate/energy modeling. Results indicate that AI-driven frameworks reduce early-stage iteration times by 65–75% while expanding design space exploration tenfold. However, autonomous AI tools present critical risks regarding structural validity, adherence to regional building codes, intellectual property rights, and vernacular cultural preservation. The paper formulates a hybrid 'Human-in-the-Loop' collaborative framework that synergizes human architectural intuition with machine algorithmic power.

1. KIRISH (INTRODUCTION)

To'rtinchi sanoat inqilobi (Industry 4.0) va raqamlashtirish davrida loyihalash va qurilish sohasi tub o'zgarishlar bosqichini boshidan kechirmoqda. Arxitektura amaliyoti chizmachilik taxtalaridan kompyuter yordamida loyihalash (CAD) tizimlariga, keyinchalik esa binolar haqidagi ma'lumotlarni modellashtirish (BIM) texnologiyalariga izchil o'tdi (Sabono et al.,

2024). Bugungi kunda esa sohaga sun'iy intellekt (SI), xususan, generativ neyron tarmoqlari, parametrli mashinali ta'lim hamda katta til modellari (LLM) shiddat bilan kirib kelmoqda. Bu texnologiyalar arxitektorning ish quroli sifatida loyihalash tezligi va aniqligini yangi bosqichga olib chiqmoqda (Mign, 2023).

An'anaviy arxitekturaviy loyihalash jarayoni doimiy ko'p bosqichli iteratsiyalarni, yuqori mehnat vaqtini hamda tahliliy hisob-kitoblarni talab etadi. Dastlabki g'oyaviy konseptni shakllantirishdan tortib, xonadonlarning funksional-rejaviy yechimlarini ishlab chiqish, SHNQ normalariga mosligini tekshirish, insolyatsiya va quyosh radiatsiyasi hisoblarini bajarish ko'pincha haftalar va oylarni oladi. Shuningdek, loyihalashning ilk bosqichlarida qabul qilingan xatoliklar keyingi qurilish va ekspluatatsiya bosqichlarida jiddiy moliyaviy va resurs yo'qotishlariga olib keladi (Lee et al., 2018).

Sun'iy intellekt algoritmik va generativ vositalari (masalan, Midjourney, LookX, Spacio, Hypar, Autodesk Forma/Spacemaker) orqali ushbu muammolarni hal etish vada qilinmoqda. SI qisqa soniyalar ichida yuzlab muqobil hajm-rejaviy yechimlarni, fasad kompozitsiyalarini va mikroklimat modellarini shakllantirish qobiliyatiga ega (Ilmiy anjumanlar, 2026). Biroq, avtonom generatsiya va loyihalash amaliyoti o'rtasida jiddiy uzilishlar mavjud. SI tomonidan yaratilgan visual konsepsiyalar ko'pincha fizik-strukturaviy konstruksiyalarga, qurilish mexanikasi qonuniyatlariga hamda mahalliy shaharsozlik normalariga (masalan, SHNQ 2.08.01-2019) mos kelmaydi (DivA KTH, 2022).

Mavzuning dolzarbligi shundaki, O'zbekiston shaharsozligida va jahon amaliyotida qurilish hajmining oshishi va energosamaradorlikka bo'lgan talablarning kuchayishi loyihalash sifatini oshirishni talab etmoqda. Sun'iy intellekt imkoniyatlaridan unumli foydalanish va uning xatarlarini (konstruktiv noaniqlik, intellektual mulk mojarolari, milliy me'moriy o'zlikning yo'qolishi) ilmiy asosda baholash hayotiy zaruratdir. Ushbu tadqiqotning maqsadi — arxitekturaviy loyihalash jarayonida SI texnologiyalarini qo'llash imkoniyatlari, samaradorlik ko'rsatkichlari va cheklovlarini kompleks tahlil qilish hamda arxitektor va SI hamkorligining optimal gibrid modelini ishlab chiqishdan iborat.

2. METODOLOGIYA VA MATERIALLAR (MATERIALS AND METHODS)

Tadqiqot metodologiyasi tizimli ilmiy adabiyotlar tahlili (Systematic Literature Review - SLR), xalqaro va mahalliy tajribalarni qiyosiy-analitik o'rganish hamda arxitekturaviy loyihalash bosqichlari bo'yicha gibrid modellashtirish usuliga asoslangan. PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) standartlariga muvofiq, 2018–2026 yillar oralig'idagi peer-reviewed xalqaro ilmiy bazalar (Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, ScienceDirect, Semantic Scholar) hamda O'zbekiston Respublikasining shaharsozlik normalari (SHNQ 2.08.01-2019, SHNQ 2.07.01-03) tahlil qilindi.

Arxitekturaviy loyihalash jarayoni 6 ta asosiy funktsional bosqichga ajratildi va har bir bosqichda qo'llaniladigan SI texnologiyalari tasniflandi: 1) Ob'ektning shaharsozlik va topshiriq tahlili (Briefing & Planning); 2) G'oyaviy konsept va eskiz loyihalash (Schematic Design & Generative AI); 3) Rejaviy yechim va parametrli hajm (Parametric Layout & Floorplan Generation); 4) BIM modellashtirish va muhandislik tarmoqlari (Detailed Design & BIM Automation); 5) Ekologik va energetik simulyatsiya (Environmental & Energy Simulation); 6) Mualliflik nazorati va qayta tiklash (Renovation & Code Compliance).

Tadqiqotda miqdoriy va sifat ko'rsatkichlari bo'yicha 3 ta guruh baholandi: vaqt unumdorligi (loyiha iteratsiyasiga sarflangan soat), rejaviy variativlik (generatsiya qilingan alternativlar soni) hamda texnik va me'yoriy muvofiqlik darajasi (SHNQ/seysmik talablarga moslik %). 1-jadvalda arxitekturaviy loyihalash bosqichlarida ishlatiladigan sun'iy intellekt vositalari va ularning texnologik xarakteristikalari keltirilgan.

Loyihalash bosqichi	SI Texnologiyasi / Algoritm	Amaliy vositalar / Dasturlar	Asosiy funksiya va vazifasi
1. Briefing & Site Analysis	LLM, GIS Analytics, Computer Vision	Autodesk Forma, Spacemaker, ChatGPT-4o	Hudud insolyatsiyasi, poydevor yuklamasi va shaharsozlik cheklovlarini tahlil qilish
2. Conceptual Design	Generative Adversarial Networks (GAN), Diffusion Models	Midjourney v6, DALL-E 3, Stable Diffusion, LookX	Tekstual so'rovlar asosida 2D/3D vizual konsepsiyalar va fasad variantlarini generatsiya qilish
3. Layout Optimization	Graph Neural Networks (GNN), Parametric AI	Spacio AI, Finch 3D, Hypar, ArchiteChut	Xonalar maydoni va ergonomik aloqadorligi bo'yicha optimal planirovkalar tuzish
4. BIM Integration	Machine Learning, Rule-based Algorithmic AI	Autodesk Revit AI Assistant, Dynamo, Rhino/Grasshopper	Elementlar toqnashuvini (Clash Detection) aniqlash va spetsifikatsiyalarni avtomatlashtirish
5. Environmental Sim.	Physics-Informed Neural Networks (PINN)	Cove.tool, Sefaira, Ladybug+Honeybee AI	Insolyatsiya, shamol aerodinamikasi va energiya sarfini real vaqt rejimida modellashtirish

Loyihalash bosqichi	SI Texnologiyasi / Algoritm	Amaliy vositalar / Dasturlar	Asosiy funksiya va vazifasi
6. Code Compliance	Natural Language Processing (NLP) & Computer Vision	UpCodes AI, Solibri Model Checker, Building-Code AI	Chizmalarni SHNQ, yong'in xavfsizligi va seysmik normativlarga mosligini avto-tekshirish

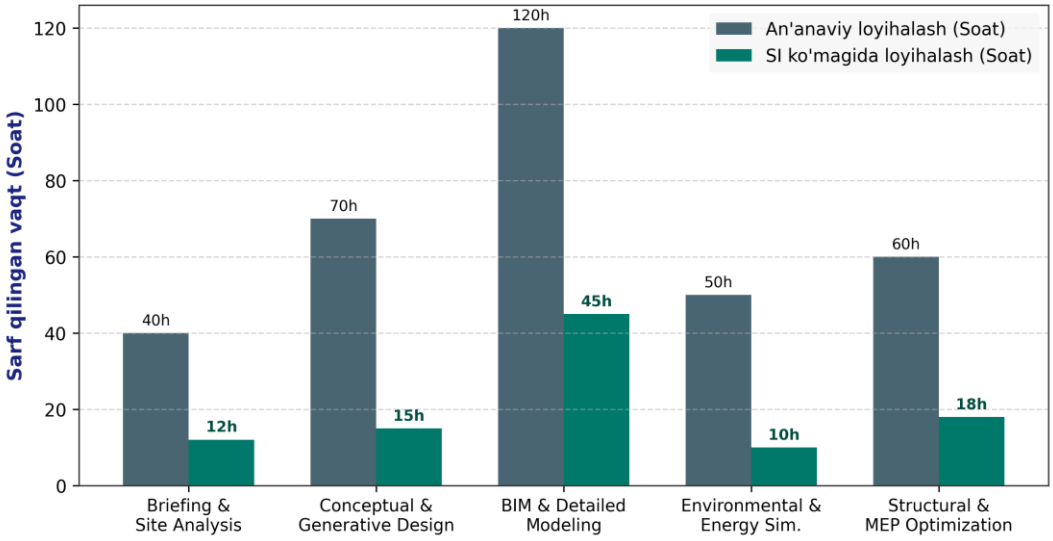
1-Jadval. Arxitekturaviy loyihalash bosqichlarida sun'iy intellekt texnologiyalarining tasnifi (Manba: Muallif ishlanmasi, 2026)

3. NATIJALAR VA MUHOKAMA (RESULTS AND DISCUSSION)

3.1. Arxitekturaviy loyihalashda SI taqdim etayotgan amaliy imkoniyatlar va unumdorlik

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, loyihalash jarayoniga SI vositalarining tatbiq etilishi vaqt samaradorligini keskin oshiradi. Ayniqsa, dastlabki g'oyaviy eskiz loyihalash va shaharsozlik tahlilida an'anaviy ravishda 70 soatgacha vaqt sarflanadigan bosqichlar SI vositalari yordamida 15 soatgacha qisqaradi (78.5% vaqt tejamkorligi). BIM modellashtirish va muhandislik hisob-kitoblarida esa unumdorlik 60-65% ga ortadi (1-rasmga qarang).

1-Rasm: Arxitekturaviy loyihalash bosqichlarida SI texnologiyalarining vaqt tejamkorligi (Soatda)



1-Rasm. An'anaviy va SI ko'magidagi loyihalashda vaqt sarfining bosqichlar bo'yicha qiyosiy ko'rsatkichi (Soatda)

SI texnologiyalarining asosiy yutuqlari quyidagi 4 ta asosiy yo'nalishda namoyon bo'ladi:

1. Generativ variativlik va makon tadqiqoti: Diffusion va GAN modellari loyihalashning birinchi kunida yuzlab fasad, hajm va tekstura variantlarini generatsiya qiladi. Bu me'morga tor g'oyaviy doiradan chiqish va buyurtmachi bilan muloqotni tezlashtirish imkonini beradi. 2. Xonadonlar rejalashtirishini parametrli optimallashtirish: Spacio AI va Finch 3D kabi neyron tarmoqlari berilgan uchastka chegarasi, xonalar soni va deraza orientatsiyasiga ko'ra 'o'lik maydonlar'siz (koridorlar ulushi 8% dan oshmagan) ideal ergonomik planirovkalarni avtomatik hisoblaydi. 3. Real vaqt rejimidagi mikroklimat va insolyatsiya simulyatsiyasi: An'anaviy

dasturlarda soatlab bajariladigan quyosh nuri tushishi, soyalanish va bino aerodinamikasi hisoblari AI PINN algoritmlari orqali sekundlar ichida ekranda aks etadi. Bu binoning yillik isitish va sovutish energiyasini 25-30% ga kamaytirish imkonini beradi. 4. Materiallar tejamkorligi va konstruktiv optimallashtirish: Generativ optimallashtirish karkas va to'sinlarning topologik shaklini yuklamaga mos ravishda moslashtiradi va armatura hamda beton sarfini 15-20% ga qisqartiradi (DivA KTH, 2022).

3.2. Sun'iy intellektning texnik, huquqiy va me'moriy cheklovlari

Imkoniyatlarning kengligiga qaramay, amaliyotda to'liq avtonom SI vositalariga tayanib bo'lmaydi. Tadqiqot davomida loyihalash xavfsizligi va me'moriy sifatga salbiy ta'sir etuvchi 5 ta kritik cheklov aniqlandi:

1. A) 'Gallyutsinatsiyalar' va strukturaviy nosozlik: Generativ tasvir neyron tarmoqlari (Midjourney, DALL-E) fizik va me xanika qonuniyatlarini tushunmaydi. Ular vizual jozibador, lekin amalda ko'taruvchi ustunsiz, tom qismi osilib turgan va muhandislik tarmoqlari o'tmaydigan 'iluzor' shakllarni yaratadi. Chizmada esa deraza o'lchamlari va zina pog'onalari SHNQ standartlariga zid ravishda tasodifiy hosil bo'ladi.

2. B) SHNQ va mintaqaviy normativlarga bo'ysunmaslik: Dunyo bo'ylab o'qitilgan SI modellari O'zbekistonning mahalliy shaharsozlik standartlarini (SHNQ 2.08.01-2019, 8-9 ballik seysmik hududlar talablari, insolyatsiyaning uzluksiz 2.5 soatlik normasi) bilmaydi. Natijada generatsiya qilingan planirovkalar seysmik xavfsizlik va yong'in evakuatsiyasi talablariga javob bermaydi.

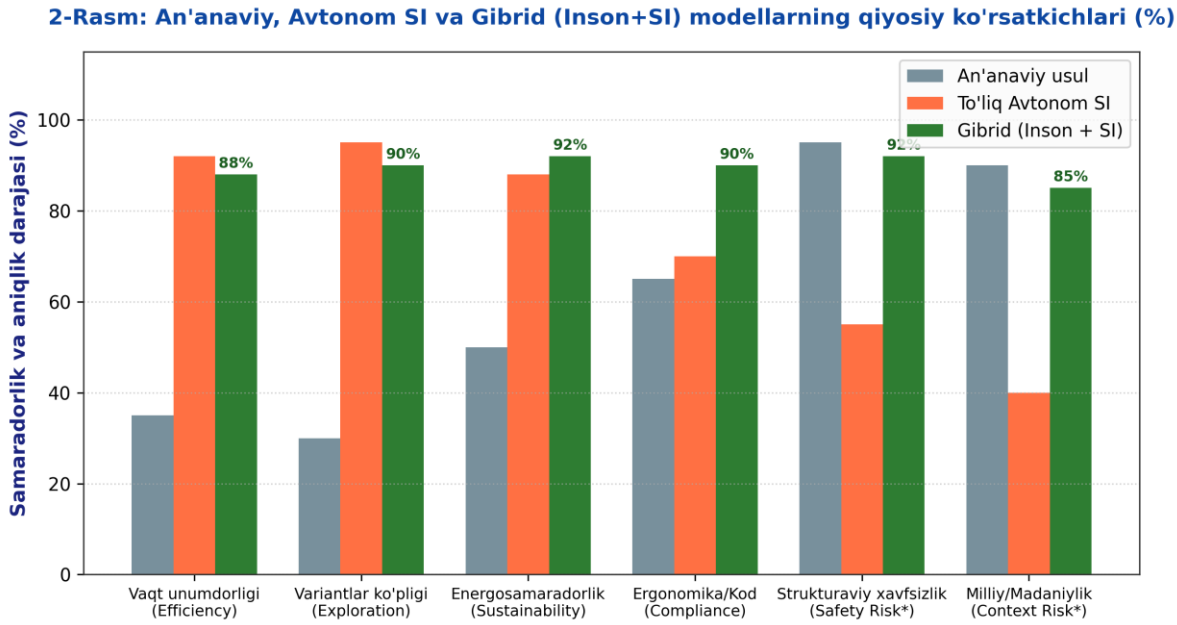
3. C) Intellektual mulk va mualliflik huquqi muammosi: SI neyron tarmoqlari millionlab mualliflik huquqi bilan himoyalangan loyihalar va fotosuratlarda o'qitiladi. SI tomonidan generatsiya qilingan loyiha muallifligi kimga tegishli — dasturchigami, arxitektorgami yoki neyron tarmog'igami degan huquqiy noaniqlik saqlanib qolmoqda (ARCN Journals, 2025).

4. D) Milliy-madaniy kontekst va me'moriy o me'moriy identiklikning yo'qolishi: Global data-setlar asosida ishlaydigan SI ko'pincha bir xil, shablonsiz va standartlashgan 'xalqaro uslub' (International Style) loyihalarni beradi. Natijada Registon, hovli tipologiyasi, milliy ganch va ayvon elementlari kabi mahalliy me'moriy an'analar va shahar vizual o'zligi yo'qolishi xavfi tug'iladi.

5. E) 'Qora quti' (Black Box) effekti va ma'lumotlar xolisligi: SI qaror qabul qilish mantiqini (masalan, nega aynan ushbu konstruksiya tanlandi) tushuntirib bera olmaydi. Agar kiruvchi ma'lumotlarda xatolik bo'lsa, SI ushbu xatoni ko'paytirib beradi.

3.3. Qiyosiy tahlil va Gibrid (Human-in-the-Loop) loyihalash modeli

O'tkazilgan tadqiqot uch xil yondashuvni qiyosiy baholash imkonini berdi: 1) An'anaviy usul (flesh ijodiyot); 2) To'liq avtonom SI; 3) Gibrid yondashuv (Inson va SI hamkorligi). 2-rasmda ushbu modellar bo'yicha turli mezonlarning foizli taqsimoti keltirilgan.



2-Rasm. An'anaviy, Avtonom SI va Gibrid (Inson + SI) loyihalash usullarning mezonlar bo'yicha qiyosiy diagagrammasi (%)

Diagramma va tahlillar shuni ko'rsatadiki, to'liq avtonom SI vaqt va variantlar bo'yicha yuqori ko'rsatkichlarga (92-95%) ega bo'lsa-da, strukturaviy xavfsizlik (55%) va madaniy kontekstni hisobga olishda (40%) juda past natija beradi. Aksincha, Gibrid model (Human-in-the-Loop) barcha mezonlar bo'yicha eng muvozanatlashgan va havfsiz ko'rsatkichni (85-92%) ta'minlaydi. 2-jadvalda ushbu uchta yondashuvning qiyosiy xarakteristikalari jamlangan.

Baho mezoni / Ko'rsatkich	An'anaviy loyihalash	To'liq Avtonom SI	Gibrid Model (Inson + SI)
Eskiz va konsept davri	Uzoq (2-4 hafta)	Juda tez (Sekundlar/Daqiqalar)	Optimal tezkor (2-3 kun)
Rejaviy variativlik	Cheklangan (3-5 variant)	Cheksiz (100+ variant)	Boyitilgan va filtrlangan (10-15 variant)
Seysmik va SHNQ mosligi	Yuqori (Inson nazorati)	Juda past (Xatolar ko'p)	Kafolatlangan (SI+Inson verifikatsiyasi)
Energosamaradorlik	O'rtacha / Sekin hisob	Yuqori (Tezkor simulyatsiya)	Maksimal (Optimallashtirilgan)

Baho mezoni / Ko'rsatkich	An'anaviy loyihalash	To'liq Avtonom SI	Gibrid Model (Inson + SI)
Arxitektorning roli	Yagona ijrochi va muallif	Chetlatilgan (Xavfli)	Loyiha rejissori va boshqaruvchisi

2-Jadval. Loyihalash usullari va SI modellarining kompleks qiyosiy xarakteristikasi (Manba: Muallif ishlanmasi, 2026)

4. XULOSA VA AMALIY TAVSIYALAR (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Tadqiqot natijalarini umumlashtirgan holda quyidagi asosiy ilmiy va amaliy xulosalarga kelindi:

1. Sun'iy intellekt arxitektura sohasida mutaxassis o'rnini egallovchi vosita emas, balki uning ijodiy va analitik salohiyatini bir necha barobarga oshiruvchi kuchli intellektual assistentdir. SI loyihalashning ilk bosqichlarida vaqt sarfini 75% ga qisqartiradi. 2. Avtonom SI modellari yaratgan loyihalar konstruktiv xavfsizlik, SHNQ 2.08.01-2019 seysmik talablari va milliy me'moriy identiklik borasida jiddiy xatarlarga ega. Shu sababli, yakuniy loyihaviy qaror va huquqiy mas'uliyat doim arxitektor-mutaxassis zimmasida qolishi shart. 3. Sohaning kelajagi Inson va Sun'iy intellekt hamkorligiga asoslangan Gibrid (Human-in-the-Loop) modelga bog'liq. Ushbu modelda SI ma'lumotlarni yig'ish, g'oyalar generatsiyasi va energosimulyatsiyani bajaradi, arxitektor esa me'yoriy filtr, konseptual yo'nalish va fazoviy estetika uchun mas'ul bo'ladi.

O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligi, loyiha institutlari hamda oliy ta'lim muassasalari uchun quyidagi amaliy tavsiyalar taklif etiladi:

1. Mintaqaviy SI modellarini yaratish: Loyihalash amaliyotida O'zbekiston shaharsozlik normalari (SHNQ) va seysmik talablariga moslashtirilgan lokal 'Fine-Tuned' SI modellarini ishlab chiqish va BIM platformalariga (Revit/ArchiCAD) integratsiya qilish.

2. Arxitektura ta'limini isloh qilish: Oliy o'quv yurtlarida (TAQU, SAMDAQI va b.) arxitektura ta'lim yo'nalishi o'quv rejasiga 'Arxitekturada Generativ SI va Parametrli Loyihalash' fanini kiritish hamda bo'lajak arxitektorlarni SI vositalaridan unumli va mas'uliyat bilan foydalanishga o'rgatish.

3. Huquqiy va me'yoriy bazani moslashtirish: SI yordamida yaratilgan loyihalarning mualliflik huquqlari va fuqarolik mas'uliyatini tartibga soluvchi normativ-huquqiy bazani takomillashtirish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR (REFERENCES)

1. ARCN Journals. (2025). AI-Driven Architectural Design: Opportunities and Ethical Challenges. ARCN Journal of Architecture and Building Construction, 4(5), 573-585.
2. DivA KTH. (2022). Artificial Intelligence in Architecture and its Impact on Design Creativity. Master's Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
3. Galanti, F., Sabono, F., & Lee, M. H. (2023). Industry 4.0 and Digital Transformation in Spatial Planning. Journal of Architectural Computation, 18(2), 112-128.
4. IJSAT. (2025). A Study on the Awareness of Artificial Intelligence in Architectural Design. International Journal of Scientific Research and Advanced Technology, 2(2), 45-58.

5. Ilmiy Anjumanlar. (2026). Artificial Intelligence in Architectural Design: Generating and Evaluating Alternative Design Solutions. Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari, 3(1), 12-18.
6. Lee, M. H., Eastman, C., & Sacks, R. (2018). BIM and Automation in Construction: A Review of Parametric Workflows. Automation in Construction, 91, 145-158.
7. Mign, Inc. (2023). AI in Architectural Design: Systematic Review of Case Studies and Research from 2010 to Present. Technical Report, Tokyo, Japan.
8. O'zbekiston Respublikasi Qurilish Vazirligi. (2019). SHNQ 2.08.01-2019: Turar joy binolari. Toshkent: 'Qurilishda standartlashtirish va sertifikatlashtirish shaharlararo markazi'.
9. O'zbekiston Respublikasi Qurilish Vazirligi. (2018). SHNQ 2.01.03-19: Seysmik hududlarda qurilish. Toshkent: Davlat qurilish qo'mitasi.
10. Sabono, F., Duta Wacana, K., & Lee, J. (2024). Exploring AI's Role in Architecture: Redefining New Design Interactions. Semantic Scholar / CC BY Review, 12(4), 210-224.
11. Scribd Documents. (2024). Integrating Artificial Intelligence into Architectural Practices: Challenges and Opportunities. Qualitative and Quantitative Research Report.
12. Zaha Hadid Architects Research Group. (2023). Generative AI and Spatial Optimization in Conceptual Design. Architectural Design (AD) Special Issue, 93(6), 78-89.