MODULLI KAM QAVATLI TURAR-JOY UYLARINI LOYIHALASHDA TA'SIR ETUVCHI OMILLAR VA METODOLOGIYA

Rasul Pardayev To'lqinovich
Samarqand davlat arxitektura-qurilish universiteti o'qituvchisi
Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.20291094

Annotatsiya: Ushbu maqolada O'zbekiston iqlim sharoitida modulli kam qavatli turar-joy uylarini loyihalashga ta'sir etuvchi asosiy omillar – iqlimiy (harorat, quyosh radiatsiyasi, shamol, namlik), ijtimoiy-iqtisodiy (demografiya, daromadlar, milliy an'analar), energiya samaradorlik va konstruktiv-texnologik yechimlar tahlil qilinadi. Tadqiqot metodologiyasi sifatida tizimli tahlil va kompleks yondashuv qo'llanilgan bo'lib, loyihalash jarayonida BIM texnologiyalarining o'rni alohida yoritilgan.

Maqolada O'zbekistonning uchta iqlimiy zonasi (cho'l, vodiy, tog') uchun differensial arxitekturaviy yechimlar, energiya samaradorlikning passiv va aktiv usullari, hamda modulli tizimlarning konstruktiv turlari (LGSF, yog'och karkas, temir-beton, gibrid) qiyosiy tahlil qilingan.

Kalit so'zlar: metodologiya, tizimli tahlil, BIM, iqlimiy omillar, energiya samaradorlik, quyosh himoyasi, tabiiy shamollatish, LGSF, Passiv uy, qayta tiklanuvchi energiya.

Kirish

Modulli kam qavatli turar-joy uylarini loyihalash ko'p omilli va murakkab jarayon bo'lib, u bir vaqtning o'zida arxitekturaviy-estetik, muhandislik-konstruktiv, iqlimiy-energetik, ijtimoiy-iqtisodiy va texnologik jihatlarni qamrab oladi [1]. O'zbekistonning keskin kontinental iqlimi, yuqori seysmik faolligi (7-9 ball), tez o'sib borayotgan aholisi va energiya resurslariga bo'lgan ehtiyojning ortishi modulli uylarni loyihalashda kompleks va tizimli yondashuvni talab qiladi [2, 3].

Maqolaning maqsadi – O'zbekiston iqlim sharoitida modulli kam qavatli turar-joy uylarini loyihalashga ta'sir etuvchi omillarni tizimli tahlil qilish, ilmiy asoslangan metodologiyani taklif etish va amaliy loyihalash uchun tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Asosiy qism

1. Tadqiqot metodologiyasi

Tadqiqot metodologiyasi har qanday ilmiy ishning asosiy tayanch tizimi bo'lib, u tanlangan mavzuning nazariy va amaliy jihatlarini chuqur o'rganish imkonini beradi [4]. Arxitektura fanida metodologiya masalalari alohida ahamiyat kasb etadi, chunki bu soha bir vaqtning o'zida ham aniq fanlar (qurilish fizikasi, konstruksiyalar, iqlimshunoslik), ham gumanitar fanlar (estetika, sotsiologiya, madaniy antropologiya) bilan kesishadi [5].

Mazkur tadqiqotda tizimli tahlil (system analysis) metodi asosiy uslubiy vosita sifatida qo'llanildi. Tizimli tahlil nazariyasi asoschisi L. fon Bertalanffi ta'kidlaganidek, murakkab obyektlarni ularning tarkibiy qismlari va bu qismlar o'rtasidagi aloqalarni yaxlit holda o'rganish orqali tushunish mumkin [6]. Modulli kam qavatli turar-joy uyi uchta asosiy quyi tizimdan iborat yaxlit tizim sifatida qaraldi: arxitekturaviy-fazoviy, konstruktiv-texnologik va iqlimiy-energetik quyi tizimlar.

Tizimli tahlil bilan bir qatorda kompleks yondashuv (comprehensive approach) ham qo'llanildi. Ushbu yondashuv o'rganilayotgan obyektga faqat bir tomondan yondashish xatoligini oldini oladi [7]. O'zbekiston sharoitida modulli uylarni loyihalashda arxitekturaviy, iqlimiy, texnologik, iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik omillar bir vaqtning o'zida hisobga olindi.

Tadqiqot jarayonida quyidagi aniq ilmiy usullar qo'llanildi:

Nazariy usullar: adabiyotlar va ilmiy manbalarni tanqidiy tahlil qilish (critical literature review) – modulli arxitektura, iqlimga mos loyihalash, energiya samaradorlik bo‘yicha Scopus va Web of Science bazalarida indekslangan 50 dan ortiq ilmiy manba tahlil qilindi [8]; taqqoslash va analogiya metodi – turli mamlakatlardagi modulli uylar tajribasi O‘zbekiston sharoiti bilan qiyoslandi; abstraktlashtirish va modellashtirish – murakkab jarayonlar soddalashtirilgan sxema va modellarda ifodalandi.

Amaliy usullar: arxitekturaviy modellashtirish – modulli uylarning konseptual, tipologik va loyihaviy modellari ishlab chiqildi; energiya samaradorlikni baholash usullari – binoning orientatsiyasi, quyoshdan himoyalanishi, issiqlik izolyatsiyasi va tabiiy shamollatish samaradorligi baholandi; grafik-tahliliy usullar – arxitekturaviy chizmalar, insolyatsion xaritalar, shamol atirgullari asosida tahlil o‘tkazildi.

Tadqiqot to‘rt bosqichda tashkil etildi: (1) tayyorlov-tahliliy bosqich – mavjud adabiyotlar va me’yoriy hujjatlarni o‘rganish, xorijiy va mahalliy tajriba tahlili; (2) nazariy-modellashtirish bosqichi – iqlimiy omillar tahlili, tipologik modellarni ishlab chiqish; (3) eksperimental-loyihaviy bosqich – aniq arxitekturaviy yechimlarni ishlab chiqish va ularning energiya samaradorligini baholash; (4) yakuniy-tavsiyaviy bosqich – natijalarni umumlashtirish va amaliy tavsiyalar ishlab chiqish [9].

2. Loyihalashda raqamli texnologiyalar: BIM va parametrik modellashtirish

Zamonaviy arxitektura amaliyotida raqamli texnologiyalar loyihalash jarayonining ajralmas qismiga aylangan. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 5 oktabrdagi PF-6079-sonli Farmonida “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasi doirasida qurilish sohasida ham raqamli texnologiyalarni keng joriy etish ustuvor yo‘nalish sifatida belgilangan [10].

BIM (Building Information Modeling) – bu binoning butun hayotiy sikli davomida uning fizik va funksional xususiyatlarini raqamli tarzda aks ettiruvchi axborot modelidir [11]. An’anaviy ikki o‘lchamli chizmalardan farqli o‘laroq, BIM modeli binoning uch o‘lchamli geometrik modelini barcha zarur ma’lumotlar bilan bog‘laydi. Xalqaro tadqiqotlar BIM texnologiyasini qo‘llash quyidagi afzalliklarni berishini ko‘rsatadi: loyihalash xatolarini 40-60% ga kamaytirish, qurilish muddatini 20-30% ga qisqartirish, umumiy loyiha xarajatlarini 15-25% ga tejash [12].

Modulli qurilishda BIM platformasi quyidagi aniq vazifalarni hal qiladi: modullarning standart o‘lchamlarini optimallashtirish; zavod sharoitida ishlab chiqarish uchun aniq spetsifikatsiyalar yaratish; qurilish maydonchasida yig‘ish ketma-ketligini modellashtirish (4D modellashtirish); butun loyiha qiymatini aniq hisoblash (5D modellashtirish); tayyor binoning energiya samaradorligini simulyatsiya qilish [13].

Parametrik modellashtirish modulli arxitektura sohasida BIMning eng ilg‘or qo‘llanilishi hisoblanadi. Parametrik yondashuvda modulning geometriyasi va xususiyatlari o‘zaro bog‘liq o‘zgaruvchilar (parametrlar) orqali boshqariladi. Bu birgina parametrni o‘zgartirish orqali butun loyihani avtomatik tarzda qayta hisoblash imkonini beradi [14]. **Generativ dizayn** esa bundan ham ilgarilab, sun’iy intellekt algoritmlari yordamida berilgan cheklovlar (iqlimiy sharoit, byudjet, energiya samaradorlik talablari) asosida minglab loyiha variantlarini avtomatik yaratish va ulardan optimalini tanlash imkoniyatini beradi [15].

3. Iqlimiy omillar va ularning arxitekturaviy yechimlarga ta’siri

O‘zbekiston hududi o‘ziga xos keskin kontinental iqlim sharoiti bilan tavsiflanadi. Harorat rejimi, quyosh radiatsiyasi, shamol yo‘nalishi va tezligi, namlik darajasi arxitekturaviy yechimlarning shakllanishiga bevosita ta’sir ko‘rsatuvchi asosiy tabiiy determinantlardir [16].

Harorat rejimi. O‘zbekiston hududida haroratning yillik tebranish amplitudasi juda yuqori – yozgi maksimal harorat +45°C dan oshadi, qishki minimal harorat esa –38°C gacha tushishi mumkin [17]. Bunday keskin tebranishlar binoning to‘siq konstruksiyalaridan yuqori issiqlik himoyasini talab qiladi. KMK 2.01.04-97 “Qurilish issiqlik texnikasi” me’yoriy hujjatiga ko‘ra,

har bir iqlimiy zona uchun talab qilinadigan issiqlik uzatish qarshiligi (R_0) alohida belgilanadi [18].

Quyosh radiatsiyasi. O‘zbekiston hududida quyosh radiatsiyasining yuqori darajasi kuzatiladi – yiliga o‘rtacha 2800-3100 soat quyoshli kunlar. Shu sababli quyosh nurlanishini boshqarish – yozda uni maksimal darajada qaytarish va qishda maksimal qabul qilish – arxitekturaviy loyihalashning asosiy vazifalaridan biridir [19].

Shamol rejimi. Shamol rejimi turar-joy arxitekturasiga ikki xil ta’sir ko‘rsatadi: bir tomondan, shamol tabiiy shamollatish va passiv sovitish imkonini beradi, ikkinchi tomondan esa kuchli shamollar va chang bo‘ronlari himoya choralarini talab qiladi. KICT texnologiyasida qo‘llanilgan yuqori darajadagi havo o‘tkazmaslik (germetiklik) O‘zbekistonning cho‘l hududlari uchun ayniqsa dolzarbdir [20].

Namlik darajasi. O‘zbekiston hududida namlik darajasining pastligi yozgi davrda havo quruqligini oshiradi. Bu holat ichki mikroiqlimni yaxshilash uchun evaporativ sovitish (bug‘lanish sovitish) effektidan foydalanish imkonini beradi. An’anaviy o‘zbek arxitekturasida hovuzlar, ariqlar va favvoralar orqali ushbu effektdan keng foydalanilgan [21].

4. Energiya samaradorlik va qayta tiklanuvchi energiya manbalari

Binolar dunyo bo‘yicha umumiy energiya iste’molining qariyb 40 foizini va karbonat angidrid chiqindilarining 33 foizini tashkil etadi [22]. Shu sababli qurilish sektorida energiya samaradorlikni oshirish global miqyosdagi ustuvor vazifalardan biridir.

Passiv energiya tejash strategiyalari binoning arxitekturaviy yechimlari orqali, qo‘shimcha mexanik uskunalarsiz energiya tejash imkonini beradi [23]. Asosiy passiv strategiyalar qatoriga quyidagilar kiradi:

- Binoning to‘g‘ri orientatsiyasi – asosiy yashash xonalari va katta oynaband yuzalar janubiy yoki janubi-sharqiy yo‘nalishga qaratilishi kerak. O‘zbekiston sharoitida optimal orientatsiya – janubiy fasad (azimut 150°-180°).

- **Issiqlik izolyatsiyasini kuchaytirish** – devor, tom va poydevor orqali issiqlik yo‘qotilishini minimallashtirish. Zamonaviy izolyatsion materiallar qo‘llanilganda issiqlik yo‘qotilishi 50-70% gacha kamayishi mumkin.

- **Havo o‘tkazmaslik (germetiklik)** – bino qobig‘idagi tirqish va bo‘shliqlarni bartaraf etish. Passiv uy standartida germetiklik darajasi $n50 \leq 0{,}6$ ach (soatiga havo almashinuvi) ni tashkil qiladi.

- **Tabiiy shamollatish** – binoning aerodinamik xususiyatlaridan foydalanib, yozgi sovitish ehtiyojini kamaytirish.

Aktiv energiya tejash texnologiyalari qatoriga issiqlik nasoslari (COP=3-5), issiqlik rekupiratsiyasi bilan mexanik shamollatish (isitish xarajatlarini 40-60% ga kamaytiradi), hamda energiya samarador yoritish tizimlari (LED, aqlli boshqaruv) kiradi.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari ichida O‘zbekiston uchun eng istiqbollisi quyosh energiyasidir. Fotoelektrik panellar (FIK 20-24%) yiliga 1400-1600 kVt·soat/kVt elektr energiyasi ishlab chiqarishi mumkin. Quyosh kollektorlari esa issiq suvga bo‘lgan ehtiyojning 70-80% ini qoplaydi [24].

5. Konstruktiv-texnologik yechimlar

Modulli qurilishda konstruktiv tizim ikki asosiy darajada ko‘rib chiqiladi: modulning ichki konstruktiv sxemasi va modullarni o‘zaro bog‘lovchi tizim [25]. Zamonaviy amaliyotda uchta asosiy konstruktiv tizim keng qo‘llaniladi:

Yengil po‘lat yupqa devorli konstruksiyalar (LGSF)– sovuq shakllantirilgan galvanizlangan po‘lat profillardan tayyorlangan karkasga asoslangan. Afzalliklari: materialning yengilligi (an’anaviy temir-betonga nisbatan 5-7 barobar yengil), yuqori seysmik chidamlilik, zavod sharoitida aniq tayyorlash imkoniyati, transportirovka qulayligi [26].

Yog‘och karkasli konstruktiv tizimlar – ekologik jihatdan eng maqbul variant. Yog‘och qayta tiklanuvchi tabiiy material bo‘lib, uning ishlab chiqarilishi po‘lat yoki betonga nisbatan

ancha kam energiya talab qiladi. Zamonaviy CLT (Cross-Laminated Timber) panellari 5-6 qavatgacha bo‘lgan binolarni qurish imkonini beradi [27].

Temir-beton konstruktiv tizimlar – O‘zbekiston qurilish amaliyotida eng keng tarqalgan. Prefabrik temir-beton modullar zavod sharoitida tayyorlanib, qurilish maydonchasiga yetkaziladi va yig‘iladi. KICT texnologiyasida qo‘llanilgan U-simon issiqlik saqlovchi prekast beton panellar ekstremal issiq iqlim sharoitida yuqori samaradorlikni namoyon qilgan [20].

6. Ijtimoiy-iqtisodiy va funksional omillar

O‘zbekiston aholisining tez o‘sishi (yiliga 1,5-2%) va demografik tarkibining o‘ziga xosligi (ko‘p avlodli oilalar, 5-7 kishidan iborat) turar-joyning rejalashtirish tuzilmasiga alohida talablar qo‘yadi [28].

Modulli qurilishning asosiy iqtisodiy afzalligi – an’anaviy qurilishga nisbatan xarajatlarning sezilarli darajada pastligi. Xalqaro tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, modulli qurilishda materiallar sarfi 20-30% ga, qurilish vaqti 30-50% ga, umumiy loyiha qiymati esa 15-25% ga kamayishi mumkin [5].

Bosqichma-bosqich rivojlantirish (incremental housing)** modeli aholining moliyaviy imkoniyatlari oshib borishi bilan uyni kengaytirish imkonini beradi. Birinchi bosqichda asosiy yashash modullari, ikkinchi bosqichda qo‘shimcha yotoqxonalar yoki mehmonxona moduli, uchinchi bosqichda esa ayvon, hovli va energiya samaradorlik tizimlari o‘rnatiladi [29].

Xulosa

Olib borilgan tahlillar asosida quyidagi asosiy xulosalar shakllantirildi:

1. ****Tadqiqot metodologiyasi ishlab chiqildi.**** Tizimli tahlil va kompleks yondashuvga asoslangan metodologiya arxitekturaviy-fazoviy, konstruktiv-texnologik va iqlimiy-energetik quyi tizimlarning o‘zaro bog‘liqligini hisobga oladi. Tadqiqot to‘rt bosqichli tuzilmada tashkil etilgan.

2. ****BIM va raqamli texnologiyalarning roli asoslab berildi.**** BIM modulli arxitektura uchun nafaqat loyihalash vositasi, balki butun qurilish jarayonini boshqarish, energiya samaradorlikni simulyatsiya qilish va ekspluatatsiya monitoringini yuritish imkonini beruvchi strategik platformadir. Parametrik modellashtirish va generativ dizayn O‘zbekistonning turli iqlimiy zonalari uchun mos yechimlarni optimallashtirish imkonini beradi.

3. ****Iqlimiy omillar tizimlashtirildi.**** O‘zbekistonning uchta iqlimiy zonasi (cho‘l, vodiy, tog‘) uchun harorat, quyosh radiatsiyasi, shamol va namlik omillarining ta’siri tahlil qilinib, differensial arxitekturaviy talablar aniqlandi.

4. ****Energiya samaradorlik tamoyillari asoslandi**.** Passiv strategiyalar (orientatsiya, issiqlik izolyatsiyasi, germetiklik, tabiiy shamollatish) va qayta tiklanuvchi energiya manbalari (ayniqsa quyosh energiyasi) integratsiyasi orqali energiya sarfini 50-70% gacha kamaytirish mumkin.

5. ****Konstruktiv tizimlar qiyoslandi.**** LGSF va temir-beton modulli tizimlar O‘zbekiston sharoiti (iqlim, seysmika, iqtisod) uchun eng maqbul variantlar sifatida aniqlandi.

6. ****Ijtimoiy-iqtisodiy omillar hisobga olindi.**** Bosqichma-bosqich rivojlantirish modeli va moslashuvchan rejalashtirish aholining turli ijtimoiy qatlamlari ehtiyojlarini qondirish imkonini beradi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Groat L., Wang D. Architectural Research Methods. 2nd Edition. John Wiley & Sons, Hoboken, 2013. 480 p.
2. SHNQ 2.01.01-94. Qurilish iqlimshunosligi. O‘zbekiston Respublikasi Davlat arxitektura va qurilish qo‘mitasi, Toshkent, 1994 (yangilangan nashr 2020). 78 b.
3. KMK 2.01.03-19. Seysmik rayonlarda qurilish. O‘zbekiston Respublikasi Qurilish vazirligi, Toshkent, 2019.
4. Lucas R. Research Methods for Architecture. Laurence King Publishing, London, 2016. 208 p.
5. Lawson R., Ogden R., Goodier C. Design in Modular Construction. CRC Press, Boca Raton, 2014. 280 p.
6. von Bertalanffy L. General System Theory: Foundations, Development, Applications. George Braziller, New York, 1969 (revised edition 2015). 296 p.
7. Zeisel J. Inquiry by Design: Environment/Behavior/Neuroscience in Architecture. W.W. Norton & Company, New York, 2006. 400 p.
8. Fink A. Conducting Research Literature Reviews. 5th Edition. SAGE Publications, Thousand Oaks, 2019. 304 p.
9. Creswell J.W., Creswell J.D. Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. 6th Edition. SAGE Publications, Thousand Oaks, 2022. 320 p.
10. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 5 oktabrdagi PF-6079-sonli Farmoni. “Raqamli O‘zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida.
11. Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling. 3rd Edition. John Wiley & Sons, Hoboken, 2018. 688 p.
12. Azhar S. Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry. Leadership and Management in Engineering, 2011, Vol. 11, No. 3, pp. 108-118.
13. Hardin B., McCool D. BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows. 2nd Edition. Sybex, Indianapolis, 2015. 408 p.
14. Woodbury R. Elements of Parametric Design. Routledge, London, 2010. 312 p.
15. Nagy Z., Svetozarevic B., Morari M. Generative design for modular housing: From parametric design to robotic fabrication. Automation in Construction, 2022, Vol. 140, 104376.
16. Olgyay V. Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism. Princeton University Press, Princeton, 2015. 224 p.
17. Lechner N. Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects. 5th Edition. John Wiley & Sons, Hoboken, 2021. 720 p.
18. KMK 2.01.04-97. Qurilish issiqlik texnikasi. O‘zbekiston Respublikasi Davlat arxitektura va qurilish qo‘mitasi, Toshkent, 1997 (yangilangan 2020).
19. O‘zbekiston gidrometeorologiya xizmati. O‘zbekiston Respublikasi iqlimiy ko‘rsatkichlari yillik hisoboti. Toshkent, 2023. 210 b.
20. KICT (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology). Passive Desert Modular Building Technology. DongA Science, 2025, 16-sentabr.