

# MUHANDISLIK

## & IQTISODIYOT

### №4

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

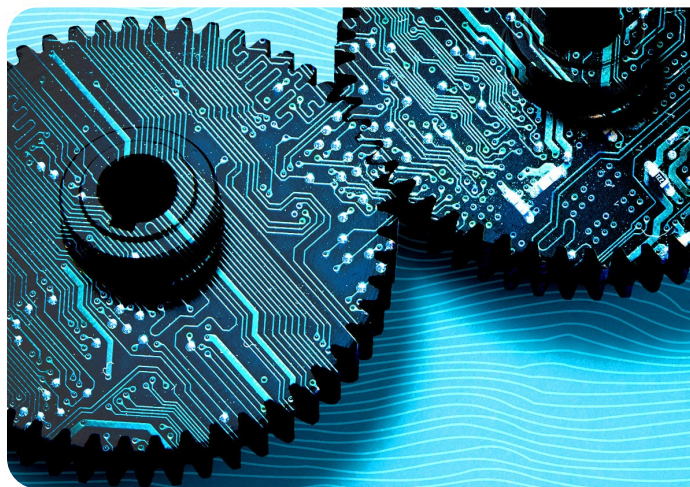
2026  
APREL



Milliy nashrlar

OAK: <https://oak.uz/pages/4802>

05.00.00 - Texnika fanlari  
08.00.00 - Iqtisodiyot fanlar



ISSN: 3060-463X



# **muhandislik** **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

Elektron nashr, 2026-yil, aprel.

## **Bosh muharrir:**

**Zokirova Nodira Kalandarovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, DSc, professor

## **Bosh muharrir o'rinbosari:**

**Shakarov Zafar G'afrovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori, PhD, dotsent

## **Tahrir hay'ati:**

**Abduraxmanov Kalendar Xodjayevich**, O'z FA akademigi, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Sharipov Kongratbay Avezimbetovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Abduraxmanova Gulnora Kalandarovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Shaumarov Said Sanatovich**, texnika fanlari doktori, professor

**Turayev Bahodir Xatamovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Nasimov Dilmurod Abdulloyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Allayeva Gulchexra Jalgasovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Arabov Nurali Uralovich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Maxmudov Odiljon Xolmirzayevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Xamrayeva Sayyora Nasimovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Bobonazarova Jamila Xolmurodovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Irmatova Aziza Baxromovna**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Bo'taboyev Mahammadjon To'ychiyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

**Shamshiyeva Nargizaxon Nosirxuja kizi**, iqtisodiyot fanlari doktori, professor,

**Xolmuxamedov Muhsinjon Murodullayevich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Xodjayeva Nodiraxon Abdurashidovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Amanov Otabek Amankulovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Toxirov Jaloliddin Ochil o'g'li**, texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Qurbonov Samandar Pulatovich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Zikriyoyev Aziz Sadulloyevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Tabayev Azamat Zaripbayevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sxay Lana Aleksandrovna**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Ismoilova Gulnora Fayzullayevna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Djumaniyazov Umrbek Ilxamovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Kasimova Nargiza Sabitdjanovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi, dotsent

**Kalanova Moxigul Baxritdinovna**, dotsent

**Ashurzoda Luiza Muxtarovna**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sharipov Sardor Begmaxmat o'g'li**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Tursunov Ulug'bek Sativoldiyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), dotsent

**Bauyetdinov Majit Janizaqovich**, Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti dotsenti, PhD

**Botirov Bozorbek Musurmon o'g'li**, Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Sultonov Shavkatjon Abdullayevich**, Kimyo fanlari doktori, (DSc)

**Jo'raeva Malohat Muhammadovna**, filologiya fanlari doktori (DSc), professor.

**Yusupov Maxamadamin Abduxamidovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor

**Kalonova Moxigul Baxritdinovna**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (PhD), dotsent

**Mirzayev Kulmamat Djanzakovich**, iqtisodiyot fanlari nomzodi (DSc), professor.

**Karimova Nilufar Sadirdin qizi**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Norboyev Odil Abrayevich**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD), dotsent

**Nasimov Dilmurod Abdulloyevich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

**Mirzayev Kulmamat Djanzakovich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

**Karimova Nilufar Sadirdin qizi**, iqtisodiyot fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)

**Pardaev Umidjon Uralovich**, iqtisodiyot fanlari doktori (DSc), professor

# muhandislik & iqtisodiyot

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

- 05.01.00 – Axborot texnologiyalari, boshqaruv va kompyuter grafikasi
- 05.01.01 – Muhandislik geometriyasi va kompyuter grafikasi. Audio va video texnologiyalari
- 05.01.02 – Tizimli tahlil, boshqaruv va axborotni qayta ishlash
- 05.01.03 – Informatikaning nazariy asoslari
- 05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta'minoti
- 05.01.05 – Axborotlarni himoyalash usullari va tizimlari. Axborot xavfsizligi
- 05.01.06 – Hisoblash texnikasi va boshqaruv tizimlarining elementlari va qurilmalari
- 05.01.07 – Matematik modellashtirish
- 05.01.11 – Raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt
- 05.02.00 – Mashinasozlik va mashinashunoslik
- 05.02.08 – Yer usti majmualari va uchish apparatlari
- 05.03.02 – Metrologiya va metrologiya ta'minoti
- 05.04.01 – Telekommunikatsiya va kompyuter tizimlari, telekommunikatsiya tarmoqlari va qurilmalari. Axborotlarni taqsimlash
- 05.05.03 – Yorug'lik texnikasi. Maxsus yoritish texnologiyasi
- 05.05.05 – Issiqlik texnikasining nazariy asoslari
- 05.05.06 – Qayta tiklanadigan energiya turlari asosidagi energiya qurilmalari
- 05.06.01 – To'qimachilik va yengil sanoat ishlab chiqarishlari materialshunosligi
- 05.08.03 – Temir yo'l transportini ishlatish
- 05.08.06 – "G'ildirakli va gusenisali mashinalar va ularni ishlatish" (texnika fanlari)
- 05.09.01 – Qurilish konstruksiyalari, bino va inshootlar
- 05.09.04 – Suv ta'minoti. Kanalizatsiya. Suv havzalarini muhofazalovchi qurilish tizimlari
- 10.00.06 – Qiyosiy adabiyotshunoslik, chog'ishtirma tilshunoslik va tarjimashunoslik
- 10.00.04 – Yevropa, Amerika va Avstraliya xalqlari tili va adabiyoti
- 08.00.01 – Iqtisodiyot nazariyasi
- 08.00.02 – Makroiqtisodiyot
- 08.00.03 – Sanoat iqtisodiyoti
- 08.00.04 – Qishloq xo'jaligi iqtisodiyoti
- 08.00.05 – Xizmat ko'rsatish tarmoqlari iqtisodiyoti
- 08.00.06 – Ekonometrika va statistika
- 08.00.07 – Moliya, pul muomalasi va kredit
- 08.00.08 – Buxgalteriya hisobi, iqtisodiy tahlil va audit
- 08.00.09 – Jahon iqtisodiyoti
- 08.00.10 – Demografiya. Mehnat iqtisodiyoti
- 08.00.11 – Marketing
- 08.00.12 – Mintaqaviy iqtisodiyot
- 08.00.13 – Menejment
- 08.00.14 – Iqtisodiyotda axborot tizimlari va texnologiyalari
- 08.00.15 – Tadbirkorlik va kichik biznes iqtisodiyoti
- 08.00.16 – Raqamli iqtisodiyot va xalqaro raqamli integratsiya
- 08.00.17 – Turizm va mehmonxona faoliyati

Ma'lumot uchun, OAK  
Rayosatining 2024-yil 28-avgustdagi 360/5-son qarori bilan "Dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro'yxati"ga texnika va iqtisodiyot fanlari bo'yicha "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali ro'yxatga kiritilgan.

**Muassis:** "Tadbirkor va ishbilarmon" MChJ

**Hamkorlarimiz:**

1. Toshkent shahridagi G.V.Plexanov nomidagi Rossiya iqtisodiyot universiteti
2. Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti
3. Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti
4. Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti
5. Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
6. Toshkent davlat transport universiteti
7. Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
8. Toshkent kimyo-texnologiya universiteti
9. Jizzax politexnika instituti



# MUNDARIJA

STRATEGIC INTEGRATION OF BUSINESS PLANNING AND FORECASTING IN INDUSTRIAL ENTERPRISES.....	11
<b>Sharipov K.A., Ismatullayev T.R.</b>	
ВКЛАД БАНКОВСКОЙ СИСТЕМЫ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ МАХАЛЛЕЙ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН: МЕХАНИЗМЫ, ДИНАМИКА И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ОРИЕНТИРЫ .....	21
<b>Бабаназарова Гульзар Зиуатдиновна</b>	
BUDJET TASHKILOTLARIDA XARAJATLARNI REJALASHTIRISH VA MOLYAVIY NAZORATNI TASHKIL ETISH.....	27
<b>Karayev Payzillaxon Yusufxonovich</b>	
FERMER XO'JALIKLARINI MOLYAVIY QO'LLAB-QUVVATLASHDA SUBSIDIYA AMALIYOTINI TAKOMILLASHTIRISH.....	32
<b>Xakimov Zafar Ibragimovich</b>	
IQTISODIY O'SISHGA ERISHISHDA DAVLAT INNOVATSION VA INVESTITSION SIYOSATINING O'RNI .....	38
<b>Xaydarova Yorqinoy Asqar qizi</b>	
QURILISH SANOATIDA KORXONALARNI MOLYALASHTIRISHNING NAZARIY KONSEPSIYALARI VA ZAMONAVIY YONDASHUVLARI.....	44
<b>Igitov Jurabek Kuzibekovich</b>	
ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА .....	50
<b>Абдуллаева Матлуба Нематовна, Акбарова Муфаррах Мухитдиновна</b>	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ КОМПАЕНС-КОНТРОЛЯ В КОМПАНИЯХ С ГОСУДАРСТВЕННЫМ УЧАСТИЕМ В УЗБЕКИСТАНЕ .....	56
<b>Халтурдиев Айтмурат Маратович</b>	
O'ZBEKISTONDA RAQAMLI IQTISODIYOTNING ICHKI BELGILARI .....	64
<b>Saatova Lolaxon Ergashevna</b>	
INNOVATSION YONDASHUVLAR ASOSIDA OZIQ-OVQAT KORXONALARIDA RAQOBATBARDOSHLIKNI OSHIRISH MEKANIZMLARI .....	71
<b>Pulatov Abdullo</b>	
MAJBURIY IJRO ETISH CHORALARINI TAKOMILLASHTIRISH: MILLIY VA XORIJIY TAJRIBA.....	76
<b>Axmedov Zafarjon Zokirjon</b>	
МОДЕЛЬ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ESG-ТРАНСФОРМАЦИИ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ЕЁ РЕАЛИЗАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ПОЛИМЕРНОЙ УПАКОВКИ .....	80
<b>Ташпулатов Дильмурад Рустамович</b>	
KORPORATIV KORXONALARDA KAPITALNI BUDJETLASHTIRISH JARAYONINI TAKOMILLASHTIRISH YO'LLARI.....	85
<b>Latipova Shaxnoza Maxmudovna</b>	
INNOVATSION MENEJMENTDA KOMMUNIKATSIYA VA TASHKILY MOSLASHUVCHANLIKNING ROLI: O'ZBEKISTON SHAROITI MISOLIDA .....	92
<b>Atamatov Abdusalil Salomovich</b>	
QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARINING AHAMIYATI VA UNING SALOHİYATINI BELGILOVCHI OMILLAR .....	97
<b>Qodirov Baxodir Tursunovich, To'rayev Qaxramon Zokirjonovich</b>	



NAMANGAN VILOYATIDA AYOLLAR TADBIRKORLIK FAOLIYATINI RIVOJLANTIRISHDA TADBIRKORLIK MUHITINI BAHOLASH .....	103
<b>Raximova Moxigul Isroiljonovna</b>	
O‘ZBEKISTON IQTISODIYOTIGA TO‘G‘RIDAN-TO‘G‘RI XORIJIY INVESTITSİYALARNI JALB ETISH BILAN BOG‘LIQ MUAMMOLAR VA ULARNI BARTARAF ETISH YO‘LLARI .....	107
<b>Davitova Shaxzoda Doniyor qizi</b>	
ANALYSIS OF THE FORMATION OF MARKET DEMAND AND THE ESTABLISHMENT OF EQUILIBRIUM IN A MARKET ECONOMY .....	112
<b>Kamilova Nargiza</b>	
BO‘LAJAK FIZIKA O‘QITUVCHILARINI NANOTEXNOLOGIYA SOHASIDAGI BILIMLARNI TAQDIM ETISHGA VA O‘QITISHGA TAYYORLASH METODIKASI .....	115
<b>Sottarov Abdulvali Umirqulovich</b>	
INTEGRATING AI INTO STRATEGIC MANAGEMENT IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS .....	120
<b>Uktamova Durdona Bakhtiyor qizi, Sultonali Umaraliyevich Mekhmonov</b>	
BARQAROR RIVOJLANISH SHAROITIDA IJTIMOYIY HISOBOTLAR VA ULARNING AHAMIYATI .....	130
<b>Sayfullayev Mexroj Sayfullayevich</b>	
SANOAT KLASTERINING IQTISODIY SAMARADORLIGINI BAHOLASHNING USLUBIY JIHATLARI.....	135
<b>Satvoldiyev Ulugbek Kamilovich</b>	
RAQAMLI TRANSFORMATSİYA SHAROITIDA TIJORAT BANKLARI LIKVIDLIGINI BOSHQARISHNI TAKOMILLASHTIRISHNING INNOVATSION YONDASHUVLARI .....	140
<b>Yangiboev Rustam Berdiyrovich</b>	
MINTAQA IQTISODIY O‘SISH DRAYVERLARINI RIVOJLANTIRISHDA MOLIYAVIY XAVFLARNI BOSHQARISH MEKANIZMLARI.....	145
<b>Turotova Nigora Xolmurod qizi</b>	
ЭКОЛОГИЯ ТУРИСТА КАК МЕТОД СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ И УСТОЙЧИВОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ПУТЕШЕСТВЕННИКОВ.....	149
<b>Наурызбаев Алиакбар Рустамович</b>	
BINO VA INSHOOTLARNI BARPO ETISHDA PREFABRIKATSIYALASHGAN HAMDA MODULLI QURILISH TIZIMLARINI AQLLI BOSHQARUV ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH .....	152
<b>Solijonov Javoxirmirzo Obidjon o‘g‘li</b>	



# BINO VA INSHOOTLARNI BARPO ETISHDA PREFABRIKATSIYALASHGAN HAMDA MODULLI QURILISH TIZIMLARINI AQLLI BOSHQARUV ASOSIDA TAKOMILLASHTIRISH

**Solijonov Javoxirmirzo Obidjon o'g'li**

Andijon davlat texnika instituti assistenti

**Annotatsiya.** Ushbu maqolada bino va inshootlarni barpo etish jarayonida prefabrikatsiyalashgan hamda modulli qurilish tizimlarini aqlli boshqaruv vositalari bilan uyg'unlashtirishning ilmiy-amaliy asoslari tahlil qilinadi. Tadqiqotning dolzarbligi shundaki, an'anaviy qurilish jarayonlarida mehnat unumdorligining notekisligi, materiallar isrofi, vaqt yo'qotishlari, maydon logistikasining zaif boshqarilishi hamda sifat nazoratining ko'p hollarda reaktiv xarakterda bo'lishi loyihalarning iqtisodiy va texnik natijalarini cheklab kelmoqda.

Maqolada modulli va prefabrikatsiyalashgan elementlarni ishlab chiqarish, tashish, montaj qilish va foydalanishga topshirish sikllarini yagona raqamli boshqaruv muhiti asosida muvofiqlashtirishning konseptual modeli ishlab chiqilgan. BIM, sensor monitoring, ishlab chiqarish-jadval integratsiyasi, raqamli egizak, prediktiv nazorat hamda sifat ko'rsatkichlarini real vaqt rejimida kuzatish vositalarining o'zaro bog'liqligi ochib berilgan.

Tadqiqot natijasida modulli qurilishda vaqtni qisqartirish, chiqindilarni kamaytirish, xavfsizlikni oshirish, sifatning takrorlanuvchi barqarorligini ta'minlash va energiya samaradorligi ko'rsatkichlarini yaxshilash imkonini beruvchi boshqaruv tamoyillari tavsiya etildi. Olingan xulosalar oliy ta'limda "Bino va inshootlarni barpo etish" hamda "Aqlli qurilish" fanlarini integratsiyalashgan tarzda o'qitishda, shuningdek, amaliy loyiha boshqaruvida foydalanishga yaroqlidir.

**Kalit so'zlar:** aqlli qurilish, modulli qurilish, prefabrikatsiya, BIM, raqamli egizak, qurilish logistikasi, sifat nazorati, energiya samaradorligi, qurilish boshqaruvi, barqarorlik.

**Abstract.** This article examines the scientific and practical foundations of integrating prefabricated and modular construction systems with smart management tools in the process of building and infrastructure delivery. The relevance of the study lies in the fact that conventional construction frequently suffers from uneven labor productivity, material waste, time losses, weak site logistics, and predominantly reactive quality control, all of which reduce the technical and economic efficiency of projects.

The article develops a conceptual model for coordinating the production, transportation, assembly, and commissioning cycles of modular and prefabricated components within a unified digital management environment. The interrelation of BIM, sensor-based monitoring, production–schedule integration, digital twins, predictive control, and real-time quality indicators is clarified.

The study proposes management principles that enable shortening delivery time, reducing waste, improving safety, stabilizing repetitive quality, and enhancing energy performance in modular projects. The conclusions can be applied both in the integrated teaching of the disciplines "Building Construction" and "Smart Construction" and in practical project management.

**Keywords:** smart construction, modular construction, prefabrication, BIM, digital twin, construction logistics, quality control, energy efficiency, construction management, sustainability.



**Аннотация.** В статье рассматриваются научно-практические основы интеграции префабрикации и модульных строительных систем с инструментами интеллектуального управления в процессе возведения зданий и сооружений. Актуальность исследования обусловлена тем, что традиционные строительные процессы нередко характеризуются неравномерной производительностью труда, перерасходом материалов, потерями времени, слабой организацией логистики строительной площадки и преимущественно реактивным характером контроля качества, что снижает технико-экономическую эффективность проектов.

В работе разработана концептуальная модель координации циклов изготовления, транспортировки, монтажа и ввода в эксплуатацию модульных и префабрикованных элементов в единой цифровой среде управления. Раскрыта взаимосвязь BIM, сенсорного мониторинга, интеграции производства и календарного планирования, цифровых двойников, предиктивного контроля и отслеживания показателей качества в реальном времени.

Предложены управленческие принципы, позволяющие сокращать сроки строительства, снижать отходы, повышать безопасность, обеспечивать устойчивую повторяемость качества и улучшать показатели энергоэффективности. Выводы исследования могут быть использованы как в интегрированном преподавании дисциплин «Возведение зданий и сооружений» и «Умное строительство», так и в практическом управлении проектами.

**Ключевые слова:** умное строительство, модульное строительство, префабрикация, BIM, цифровой двойник, строительная логистика, контроль качества, энергоэффективность, управление строительством, устойчивость.

## KIRISH

Bugungi kunda qurilish tarmog'i milliy iqtisodiyotning eng ko'p resurs talab qiladigan, texnologik jihatdan murakkab va ko'p bosqichli tizimlaridan biri sifatida nafaqat yangi bino va inshootlarni barpo etish, balki urbanizatsiya sur'atlari, uy-joy bilan ta'minlash darajasi, ishlab chiqarish quvvatlari, transport-kommunikatsiya tarmoqlari hamda hududiy rivojlanish muvozanatini belgilovchi strategik soha vazifasini bajarmoqda.

Shu bilan birga, an'anaviy qurilish usullarining ayrim cheklovlari ham tobora yaqqol namoyon bo'lmoqda: qurilish maydonida katta hajmdagi "ho'l" jarayonlar ulushi, mehnat unumdorligining mavsumiy va tashkiliy omillarga bog'liqligi, materiallar yetkazib berish zanjiridagi uzilishlar, montaj ketma-ketligidagi nomuvofiqliklar, ishlab chiqaruvchi, tashuvchi va pudratchilar o'rtasidagi axborot almashinuvi uzviyligining yetarli darajada ta'minlanmaganligi, shuningdek, sifat nazoratining ko'pincha jarayon yakunida aniqlanadigan holatlar bilan cheklanishi loyihalarning muddat, qiymat va natijaviylik ko'rsatkichlariga ta'sir etmoqda.

Ayniqsa, ko'p qavatli turar joylar, ijtimoiy obyektlar, tez yig'iluvchi sanoat binolari, logistika markazlari, vaqt jihatidan cheklangan infratuzilmaviy loyihalar hamda takrorlanuvchi tipologiyaga ega inshootlar uchun jarayonlarni standartlashtirish, elementlarni oldindan yuqori tayyorgarlik darajasida ishlab chiqish va qurilish maydonini asosan montaj hududi sifatida tashkil etish zarurati ortib bormoqda.

Shu nuqtai nazardan, prefabrikatsiyalashgan va modulli qurilish texnologiyalari qurilish sohasining keyingi evolyutsion bosqichi sifatida e'tirof etilmoqda. Mazkur yondashuvda konstruktiv elementlar yoki to'liq funksional bloklar zavod sharoitida, sifat ko'rsatkichlari nisbatan barqaror boshqariladigan muhitda tayyorlanadi hamda aniq logistika rejaları asosida qurilish maydoniga yetkazilib, qisqa muddatda montaj qilinadi. Natijada qurilish maydonidagi mehnat zichligi kamayadi, ob-havo ta'siri qisqaradi, texnologik operatsiyalar standartlashadi va sifatning takrorlanuvchi barqarorligiga erishish imkoniyati kengayadi.

Biroq prefabrikatsiya va modullilikning samaradorligi ularni zamonaviy boshqaruv yondashuvlari bilan uyg'unlashtirish darajasiga bevosita bog'liqdir. Elementlarning ishlab chiqarish grafigi loyiha modeli bilan muvofiqlashtirilgan holda yuritilishi, transport jarayonlari montaj ishlari bilan uyg'unlashishi, qurilish maydonining tayyorgarlik darajasi raqamli monitoring orqali nazorat qilinishi hamda sensor va nazorat ma'lumotlari boshqaruv qarorlariga integratsiya qilinishi muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bois masala faqat elementlarni zavod sharoitida tayyorlash bilan cheklanmay, balki butun hayotiy siklni ma'lumotlarga asoslangan boshqaruv orqali optimallashtirishni talab etadi.

"Aqlli qurilish" tushunchasining ilmiy mohiyati ham aynan shu yondashuvda namoyon bo'ladi. U nafaqat alohida texnologik vositalardan foydalanishni, balki loyiha, ishlab chiqarish, logistika, montaj, nazorat, xavfsizlik va ekspluatatsiya bosqichlaridagi ma'lumotlarni yagona boshqaruv tizimiga integratsiya qilishni nazarda tutadi. Bunday integratsiya natijasida qarorlar oldindan tahlil qilish, tavakkalchiliklarni baholash va jarayonlarni tezkor moslashtirish asosida qabul qilinadi.

Binobarin, modulli va prefabrikatsiyalashgan qurilish tizimlarini aqlli boshqaruv asosida uyg'unlashtirish masalasi nafaqat texnologik, balki iqtisodiy, tashkiliy, ekologik hamda pedagogik ahamiyatga ega kompleks tadqiqot yo'nalishi hisoblanadi. Ayniqsa, oliy ta'lim muassasalarida "Bino va inshootlarni barpo etish" fanlari konstruktiv-texnologik jarayonlarni, "Aqlli qurilish" esa raqamli texnologiyalarni o'rgatadi. Amaliyotda esa ushbu yo'nalishlar uzviy integratsiyada qo'llanilishi zarur.

Shu munosabat bilan mazkur maqolaning maqsadi prefabrikatsiyalashgan hamda modulli qurilish tizimlarini aqlli boshqaruv asosida takomillashtirishning konseptual va metodologik asoslarini ishlab chiqish, qurilish jarayonining turli bosqichlari o'rtasidagi integratsion bog'liqlikni yoritish hamda iqtisodiy samaradorlik, sifat, xavfsizlik va barqarorlik ko'rsatkichlariga ta'sir etuvchi omillarni ilmiy jihatdan tahlil qilishdan iborat.

Tadqiqot doirasida qurilishning an'anaviy va modulli shakllari qiyosiy baholandi, axborot oqimlarining uzviyligini ta'minlash zarurati asoslab berildi hamda aqlli boshqaruv mexanizmlarining vaqt, xarajat, sifat va ekologik samaradorlik ko'rsatkichlariga ta'siri konseptual yondashuv asosida yoritildi. Mazkur yondashuvning ilmiy yangiligi shundan iboratki, unda prefabrikatsiya masalasi alohida ishlab chiqarish usuli sifatida emas, balki raqamli boshqaruv, montaj logistikasi, real vaqt monitoringi, sifat barqarorligi va energiya samaradorligi bilan uzviy bog'liq yagona tizim sifatida talqin etiladi.

Shu tariqa maqola bino va inshootlarni barpo etish nazariyasini aqlli qurilish metodologiyasi bilan bog'lab, yangi integrallashgan ko'rish burchagini taklif etadi. Mavzuning yana bir muhim jihati shundaki, modulli qurilishni joriy etish sanoatlashgan qurilish falsafasini tiklaydi, biroq uni eski tipdagi yirik panelli uysozlik darajasida emas, balki moslashuvchan, parametrik va bozor talablariga tezkor javob bera oladigan zamonaviy yondashuv sifatida talqin etadi.

Ilgari yig'ma qurilish ko'pincha tipik seriyalar va qat'iy standartlar bilan bog'langan bo'lsa, bugungi raqamli texnologiyalar sharoitida prefabrikatsiya individualashtirilgan me'moriy yechimlarni ham qo'llab-quvvatlash imkonini bermog'da. Parametrik loyihalash modullar o'lchami, tugunlar tipi, fasad panellari, sanitariya bloklari, zinapoya yadrolari yoki muhandislik qutilarini ma'lum diapazon doirasida o'zgaruvchan qilishga imkon beradi. Bu esa bir tomondan standartlashuv orqali iqtisodiy samaradorlikka erishish, ikkinchi tomondan esa buyurtmachining funksional va estetik talablarini qondirish imkonini yaratadi.

Demak, aqlli boshqaruv ostidagi modullilik bir xillikni emas, balki boshqariladigan xilma-xillikni shakllantiradi. Shuningdek, zamonaviy shaharlarda qurilish maydonlarining siqilganligi, transport oqimlarining yuqoriligi hamda atrof-muhitga ta'sirni kamaytirish zarurati modulli qurilishning dolzarbligini yanada oshiradi.

An'anaviy qurilish jarayonlarining uzoq davom etuvchi shovqin, chang, qurilish maydonining uzoq muddat band bo'lib turishi, qo'shimcha omborlash zarurati hamda materiallarni ko'p marotaba tashish bilan bog'liq ta'sirlari zich urbanizatsiyalashgan hududlarda ayniqsa sezilarli bo'ladi. Modullarni zavod sharoitida tayyorlab, qisqa va aniq montaj bosqichlarida o'rnatish esa shahar muhitiga tushadigan yuklamani kamaytiradi. Bu holat ijtimoiy qulaylik nuqtai nazaridan ham muhim ahamiyat kasb etadi.

Shu bilan birga, modulli qurilishni ilmiy asoslashda konstruksion mustahkamlik, transport jarayonidagi deformatsiya xavfi, montaj tugunlarining ishonchliligi, suv va havo o'tkazmaslik, yong'in xavfsizligi, akustik izolyatsiya, zilzilabardoshlik hamda uzoq muddatli ekspluatatsion chidamlilik kabi texnik jihatlar muhim o'rin tutadi. Aqlli boshqaruv konsepsiyasi ushbu masalalarni ham qamrab oladi, chunki raqamli monitoring va ma'lumotlarni tahlil qilish tizimlari konstruktiv xavflarni boshqaruv qarorlariga integratsiya qilish imkonini beradi.

Masalan, modul karkasidagi muhim tugunlar uchun ishlab chiqarish jarayonidagi payvand sifati yoki boltli ulanish parametrlarini elektron pasportlash, transport vaqtida zarba va vibratsiya ko'rsatkichlarini qayd etish, montaj jarayonida vertikallik va gorizont tekislik og'ishlarini real vaqt rejimida nazorat qilish mumkin. Ushbu yondashuvlar modulli qurilishning faqat "tez va qulay" jarayon emas, balki keng qamrovli ilmiy va texnologik tizim ekanligini ko'rsatadi.

Shunday qilib, maqolada ko'rib chiqilayotgan masala qurilish texnologiyasi, sanoat ishlab chiqarishi, logistika nazariyasi, axborot boshqaruvi hamda ekspluatatsion samaradorlikni birlashtiruvchi murakkab fanlararo tizim sifatida talqin etiladi. Ushbu tizimni samarali tashkil etish nafaqat alohida loyiha muvaffaqiyatini, balki butun qurilish sanoatining raqobatbardoshligi va resurs tejamkorligini belgilaydi.

Shu bois maqola doirasida ilgari surilgan konsepsiya alohida texnik yechimlar majmui emas, balki qurilishning keyingi bosqichdagi ilmiy modeli sifatida qaraladi. Unda material, vaqt, mehnat va ma'lumot o'zaro uzviy bog'liq bo'lgan ishlab chiqarish resurslari sifatida talqin etiladi.

## MAVZUGA OID ADABIYOTLAR SHARHI

Modulli va prefabrikatsiyalashgan qurilish tizimlari hamda ularni raqamli boshqaruv bilan integratsiya qilish masalalari so'nggi yillarda ilmiy adabiyotlarda keng yoritilmoqda. Xususan, Eastman va boshqalar BIM texnologiyalarining qurilish jarayonlarini boshqarishdagi fundamental rolini asoslab bergan bo'lsa, ISO 19650 standartlari axborotni boshqarishning tizimli yondashuvini belgilab beradi. Smith hamda Gibb prefabrikatsiya va modullashtirishning sanoatlashgan qurilishdagi o'rnini chuqur tahlil qilgan. Kamali va Hewage modulli binolarning hayotiy sikl samaradorligini baholab, ularning ekologik va iqtisodiy afzalliklarini ko'rsatadi. Sacks va boshqalar Lean yondashuv bilan BIM integratsiyasining samaradorligini ilmiy asoslagan. Boje va hammualliflar esa raqamli egizak konsepsiyasining istiqbollarni ochib beradi. Shu bilan birga, O'zbekiston sharoitida shaharsozlik kodeksi va sohaviy me'yoriy hujjatlar modulli qurilishni joriy etishning institutsional asosini shakllantiradi.



## TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot metodologiyasi tizimli tahlil, qiyosiy baholash, jarayonli modellashtirish, mezonlar bo'yicha ekspert tuzilmalash hamda konseptual-sintetik umumlashtirish usullariga tayangan holda shakllantirildi. Avvalo, modulli va prefabrikatsiyalashgan qurilish tizimlarining mohiyatini aniqlashda ularni oddiy yig'ma qurilishdan farqlovchi belgilar – elementlarning tayyorlik darajasi, zavoddagi sifat nazoratining chuqurligi, maydondagi ish hajmining qisqarishi, logistika rejasining loyiha bilan integral bog'liqligi hamda ekspluatatsiyaga qadar bo'lgan ma'lumotlar uzviyligi – alohida parametrlar sifatida ajratib olindi.

So'ngra tadqiqot uchun "aqli boshqaruv"ning operatsion modeli ishlab chiqildi.

Unda beshta asosiy subsistema belgilandi:

birinchisi – loyiha-axborot subsistemi bo'lib, unda BIM modeli, element spetsifikatsiyalari, montaj ketma-ketligi, ishlab chiqarish partiyalari va obyekt tayyorlik zonalari aks ettiriladi;

ikkinchisi – ishlab chiqarish-texnologik subsistema bo'lib, unda prefabrikatsiyalashgan elementlarning zavod sharoitida tayyorlanish holati, sifat pasportlari, tayyor bo'lish muddatlari va ishlab chiqarish quvvatlari monitoring qilinadi;

uchinchisi – logistika subsistemi bo'lib, transport marshrutlari, yuklash-tushirish vaqt oynalari, kran resurslari bandligi, maydondagi vaqtinchalik saqlash hududlari hamda just-in-time yetkazib berish ssenariylari boshqariladi;

to'rtinchisi – montaj-nazorat subsistemi bo'lib, unda real vaqt holat ma'lumotlari, ishchilarning xavfsizlik trayektoriyalari, o'rnatilgan elementlar holati, geodezik tekshiruv natijalari va nuqsonlarni qayd etish protokollari birlashtiriladi;

beshinchisi esa – tahliliy-boshqaruv subsistemi bo'lib, unda reja-fakt solishtirish, tavakkalchiliklarni erta aniqlash, kechikish va nuqson ehtimolini prognozlash hamda resurslarni qayta taqsimlash bo'yicha qarorlar ishlab chiqiladi.

Ushbu tizimning ishlash mantiqini aniqlash uchun bino va inshootlarni barpo etish jarayoniga xos bo'lgan to'rtta tipik ssenariy tanlab olindi: ko'p qavatli turar joy korpusi, ijtimoiy xizmat ko'rsatish binosi, yengil sanoat sexi hamda qisqa muddatda topshirilishi lozim bo'lgan xizmat binosi. Har bir ssenariy bo'yicha an'anaviy qurilish, qisman prefabrikatsiyalashgan qurilish va yuqori darajada modullashtirilgan qurilish variantlari qiyosiy mezonlar asosida tahlil qilindi.

Mezonlar sifatida qurilish sikli davomiyligi, maydondagi ish hajmi, tashkiliy murakkablik, materiallar yo'qotilishi, ob-havo ta'siriga sezgirlik, sifat nazoratining takrorlanish imkoniyati, energiya va resurs sarfi, mehnat xavfsizligiga ta'siri, loyiha o'zgarishlariga moslashuvchanlik hamda ekspluatatsion ma'lumotlarni uzatish darajasi qabul qilindi.

Tadqiqotda empirik eksperiment o'tkazilmagan bo'lsa-da, ilmiy xulosalarning amaliy ahamiyatini oshirish maqsadida zamonaviy qurilish amaliyotida keng qo'llanilayotgan boshqaruv vositalari – 4D rejalashtirish, 5D qiymat nazorati, RFID va QR identifikatsiyasi, sensorli monitoring, dron asosidagi maydon kuzatuv, mobil inspeksiya jurnallari, prediktiv analitika hamda raqamli egizak konsepsiyasi – modulli qurilishdagi roli nuqtai nazaridan bosqichma-bosqich tahlil qilindi.

Jarayonli modellashtirishda qurilish hayotiy sikli "loyiha – ishlab chiqarish – transport – montaj – sinov – topshirish – ekspluatatsiya" zanjiri ko'rinishida ifodalandi hamda har bir bosqich uchun kiruvchi ma'lumotlar, nazorat nuqtalari, qaror tugunlari va chiqish natijalari ajratildi. Ushbu yondashuv orqali modulli qurilish samaradorligi qaysi bosqichlarda shakllanishi va qaysi bosqichlarda yo'qotilishi mumkinligi aniqlashtirildi.

Masalan, element zavodda yuqori sifatda tayyorlangan bo'lishi mumkin, biroq logistika jadvali montaj oynasiga mos kelmasa, maydonda kutish, qayta ko'tarish, vaqtinchalik saqlash hamda shikastlanish ehtimoli yuzaga keladi. Demak, sifat faqat ishlab chiqarishda emas, balki ta'minot zanjiri integratsiyasida ham shakllanadi.

Mazkur mulohazalar asosida metodologik yadro sifatida "integrallashgan aqli prefabrikatsiya" modeli ishlab chiqildi. Ushbu model uchta asosiy tamoyilga tayanadi:

birinchisi – ma'lumotlar uzviyligi tamoyili bo'lib, unda har bir modul yoki element dizayndan foydalanishga topshirishgacha yagona identifikator asosida kuzatiladi;

ikkinchisi – vaqt sinxronligi tamoyili bo'lib, unda ishlab chiqarish, transport va montaj jarayonlari real vaqt rejimida o'zaro muvofiqashtiriladi;

uchinchisi esa – qayta aloqa tamoyili bo'lib, unda maydondagi faktik holat keyingi ishlab chiqarish partiyalari, resurs taqsimoti va sifat nazoratiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Ekspert tuzilmalash usuli asosida qurilish texnologiyasi, loyiha boshqaruvi, ishlab chiqarish logistikasi hamda raqamli monitoring bo'yicha ilmiy yondashuvlar integratsiya qilindi. Natijada modulli qurilish samaradorligi nafaqat konstruksion yechimlar, balki axborot uzviyligi va boshqaruv yetukligi darajasi bilan belgilanadi, degan ilmiy gipoteza ilgari surildi.

Natijada tadqiqot metodologiyasi amaliy sinovdan ko'ra ko'proq konseptual-analitik xarakterga ega bo'lsa-da, u qurilish amaliyotida qo'llashga yaroqli bo'lgan aniq boshqaruv choralari, tashkiliy yechimlarni hamda ta'limiy kompetensiyalar tizimini ishlab chiqish uchun yetarli ilmiy asos yaratdi.

Metodologiyada alohida e'tibor modullarni klassifikatsiyalash va ularning boshqaruv xususiyatlarini tiplashtirishga qaratildi. Chunki barcha prefabrikatsiyalashgan elementlar bir xil boshqaruv sxemasiga bo'ysunmaydi: karkas panellari, qavat oralig'i plitalari, zinapoya marshlari, sanitariya-texnik kapsulalar, fasad modullari yoki to'liq hajmli xonalar transport, saqlash va montaj nuqtai nazaridan turlicha risk profiliga ega.

Shu sababli tadqiqotda modullar uch toifaga ajratildi: tekis elementlar, fazoviy yarim modullar va to'liq funksional blok-modullar. Har bir toifa uchun loyihadan montajgacha bo'lgan jarayonda tanqidiy ahamiyatga ega bo'lgan ma'lumotlar alohida ajratib olindi. Tekis elementlar uchun asosan geometrik aniqlik, armatura yoki biriktirma elementlarining joylashuvi hamda tashish paytidagi himoya sharoitlari muhim bo'lsa, to'liq blok-modullar uchun muhandislik tizimlari, ichki pardoz ishlari, og'irlik markazi, ko'tarish nuqtalari, ulanish interfeyslari va foydalanishdan oldingi sinovlar ustuvor hisoblanadi.

Metodologiyada yana bir muhim yondashuv sifatida "raqamli tayyorlik darajasi" tushunchasi kiritildi. Unga ko'ra modul yoki elementning nafaqat jismoniy tayyorligi, balki uning ma'lumotlar to'plami ham to'liq bo'lishi zarur. Ya'ni ishlab chiqarish protokoli, fotosuratli nazorat materiallari, material sertifikatlari, yig'ma tugun chizmalari, jo'natish ruxsati, qabul qilish nazorat shakllari va montaj yo'riqnomalari mavjud bo'lmagan element amalda tayyor deb hisoblanmaydi. Bu mezon, ayniqsa, aqlli qurilish uchun muhim ahamiyatga ega, chunki ma'lumot yetishmasligi natijasida maydonda qarorlar kechikishi yoki samarasiz bo'lishi mumkin.

Tadqiqotda, shuningdek, stsensariylar tahlili usulidan foydalanilib, turli darajadagi raqamlashtirish sharoitida natijalarning qanday o'zgarishi modellashtirildi. Birinchi stsensariy minimal raqamlashtirish bo'lib, unda faqat loyiha modeli mavjud, ammo ishlab chiqarish va logistika an'anaviy jadval yoki hujjatlar asosida boshqariladi; ikkinchi stsensariyda loyiha va ishlab chiqarish qisman integratsiyalashgan; uchinchi stsensariyda esa loyiha, ishlab chiqarish, logistika va montaj jarayonlari real vaqt ma'lumotlari asosida yagona platformada boshqariladi.

Qiyosiy tahlil natijasida aynan uchinchi stsensariy tizimdagi yashirin yo'qotishlarni eng yuqori darajada kamaytirish imkonini berishi ilmiy jihatdan asoslandi.

Bundan tashqari, tadqiqotda "qaror yetukligi" mezoni ham kiritilib, boshqaruv subyektlarining qarorlari intuitsiya, tajriba va ma'lumotlarga tayanganlik darajasi bo'yicha tasniflandi. Aqlli prefabrikatsiya modelida qaror yetukligi yuqori bo'lishi uchun nafaqat ma'lumotlarning mavjudligi, balki ularning aniqligi, dolzarbligi va tezkor talqin qilinishi muhim ekani ko'rsatildi.

Shu asosda mobil ilovalar, boshqaruv panellari, avtomatik ogohlantirish tizimlari va rangli status indikatorlari boshqaruvning "inson-mashina" interfeysi sifatida talqin qilindi.

Metodologiya yakunida olingan ilmiy xulosalarning ta'limiy qo'llanishini aniqlash maqsadida kompetensiyalar xaritasi ishlab chiqildi. Unda konstruktor, texnolog, logist, BIM-koordinatyor, sifat nazoratchisi va maydon rahbarining modulli aqlli qurilishdagi o'zaro kesishuvchi vazifalari aniq belgilandi. Ushbu xarita tadqiqot natijalarini ta'lim dasturlariga tatbiq etish uchun muhim didaktik vosita sifatida qaraldi.

Shuningdek, tadqiqot davomida tizimni baholash uchun indikatorlar ierarxiyasi ishlab chiqildi va ular uch darajaga ajratildi: operativ, taktik va strategik indikatorlar.

Operativ indikatorlarga modulning tayyorlik darajasi, o'z vaqtida yetkazib berish koeffitsienti, montaj oynasining bajarilish foizi, nuqsonlar soni va qayta ishlov ulushi kiritildi.

Taktik indikatorlar sifatida haftalik reja-fakt tafovuti, brigadalar sinxronligi, logistika kechikishlari, xavfli holatlar chastotasi va sifat og'ishlarining takrorlanish darajasi belgilandi.

Strategik indikatorlar esa umumiy qurilish sikli davomiyligi, hayotiy sikl qiymati, ekspluatatsion tayyorlik darajasi, karbon izi hamda buyurtmachi uchun prognoz qilinuvchanlik darajasini o'z ichiga oladi.

Bunday ierarxik yondashuv boshqaruv qarorlarini turli vaqt ufqlarida asosli ravishda qabul qilish imkonini beradi. Natijada metodologik yondashuv maqolaning faqat nazariy tavsif bilan cheklanib qolmasdan, amaliy baholash tizimini shakllantirishga ham xizmat qilishi ta'minlandi.

## TAHLIL VA NATIJALAR

Tadqiqot natijalari modulli va prefabrikatsiyalashgan qurilish tizimlari aqlli boshqaruv muhiti bilan integratsiya qilinganda samaradorlik bir nechta o'lchamlar bo'yicha bir vaqtning o'zida oshishini ko'rsatdi.

Birinchi navbatda, vaqt ko'rsatkichi bo'yicha aniq ustunlik shakllanishi kuzatildi: an'anaviy qurilishda ko'plab jarayonlar ketma-ket amalga oshirilsa, modulli tizimda loyiha tayyorlash, zavodda ishlab chiqarish va maydondagi tayyorgarlik ishlarining parallel olib borilishi hisobiga umumiy sikl sezilarli darajada qisqaradi. Biroq ushbu ustunlik faqat aqlli jadval boshqaruvi mavjud bo'lgandagina barqaror saqlanadi; aks holda parallel jarayonlar o'zaro muvofiqashtirilmasa, logistika va tashkiliy kechikishlar yuzaga kelishi mumkin.



Shu munosabat bilan tadqiqotda ishlab chiqilgan modelga ko'ra, har bir modul uchun "raqamli pasport" joriy etilishi zarurligi asoslandi. Unda loyiha kodi, konstruktiv tarkib, ishlab chiqarish bosqichi, sifat nazorati natijalari, jo'natish vaqti, montaj hududi hamda ekspluatatsion atributlar yagona ma'lumotlar to'plami sifatida saqlanadi. Bu yondashuv real vaqt rejimida modulning joylashuvi, holati va keyingi bosqichga tayyorligini aniqlash imkonini beradi.

Ikkinchi muhim natija sifat ko'rsatkichlari bilan bog'liq bo'ldi. Zavod sharoitida standart muhitda tayyorlangan elementlarning geometrik aniqligi, material sarfining me'yorlashganligi va texnologik jarayonlarning takrorlanuvchanligi an'anaviy qurilish jarayonlariga nisbatan yuqori ekanligi ilmiy asoslandi. Shu bilan birga, sifat faqat ishlab chiqarish bosqichi bilan cheklanmasligi, balki montaj aniqligi, tugunlar mosligi, transportdagi himoya, saqlash sharoitlari hamda yakuniy tekshiruvlar bilan ham chambarchas bog'liqligi ta'kidlandi.

Shu sababli aqlli nazorat tizimi sifatning yakuniy barqarorligini ta'minlovchi muhim omil sifatida baholandi. Taklif etilgan nazorat modeliga ko'ra, ishlab chiqarilgan har bir elementning parametrik ko'rsatkichlari BIM model bilan bog'lanadi, montajdan so'ng esa uning haqiqiy holati geodezik yoki sensorli o'lchovlar asosida qayta tizimga kiritiladi. Agar og'ishlar belgilangan chegaradan ohsa, keyingi ishlab chiqarish partiyalariga tuzatishlar kiritiladi. Bu yondashuv nuqsonlarni erta aniqlash va ularning kelib chiqishini oldindan boshqarish imkonini beradi.

Uchinchi natija logistika va resurslarni boshqarish bilan bog'liq bo'ldi. Modulli qurilish samaradorligi asosan "to'g'ri vaqtda – to'g'ri joyga – to'g'ri ketma-ketlikda" yetkazib berish tamoyiliga tayanishi aniqlandi. Tadqiqotda vaqtinchalik saqlash hududlari optimallashtirilgan, kran resurslari bandligi muvofiqlashtirilgan, transport oqimlari shahar sharoitiga moslashtirilgan hamda montaj oynalari raqamli tarzda oldindan tasdiqlangan stenariy eng samarali variant sifatida baholandi. Bu yondashuv maydondagi tartibni yaxshilaydi, xavfli kesishmalarni kamaytiradi va ortiqcha operatsiyalarni qisqartiradi.

To'rtinchi natija mehnat xavfsizligi bilan bog'liq bo'lib, modulli qurilishda xavfli ishlarning muayyan qismi zavod sharoitiga ko'chirilishi hisobiga umumiy xavf darajasi pasayishi aniqlandi. Shu bilan birga, yirik o'lchamli modullar bilan ishlash jarayonida kran operatsiyalari, ulash tugunlari va vaqtinchalik barqarorlikka oid choralarni kuchaytirish zarurligi qayd etildi. Shu bois aqlli monitoring tizimida ishchilar joylashuvi, xavfli zonalar, shamol tezligi, yuk ko'tarish rejimi va montaj ketma-ketligini nazorat qiluvchi algoritmlar muhim vosita sifatida tavsiya etildi.

Beshinchi natija ekologik va barqarorlik ko'rsatkichlariga taalluqli bo'ldi. Zavod sharoitida aniq dozali ishlab chiqarish, chiqindilarni manbaida hisobga olish, transport reyslarini optimallashtirish va maydondagi qayta ishlov hajmini kamaytirish orqali resurs yo'qotishlari qisqarishi asoslandi. Shuningdek, modulli bloklarga issiqlik izolyatsiyasi, muhandislik tizimlari va energiya boshqaruvi elementlarini oldindan integratsiya qilish energiya samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Oltinchi natija iqtisodiy baholash bilan bog'liq bo'lib, modulli qurilish dastlabki bosqichda yuqori darajadagi rejalashtirish va tashkiliy intizom talab qilishi sababli boshlang'ich xarajatlar nisbatan yuqoriroq bo'lishi mumkinligi qayd etildi. Biroq umumiy hayotiy sikl qiymati, vaqt omili, nuqsonlarni kamaytirish, maydondagi ish hajmining qisqarishi, ishchi kuchi samaradorligi hamda ekspluatatsiyaga tez kirish imkoniyati hisobga olinganda, ushbu yondashuvning iqtisodiy samaradorligi yuqori ekanligi asoslandi.

Tadqiqotda aynan shu holat "ko'rinma xarajat – yashirin tejash" paradoksini yuzaga keltirishi ta'kidlandi.

Yettinchi natija ta'limiy va kadrlar masalasiga taalluqli bo'ldi. Modulli aqlli qurilish tizimlarini samarali joriy etish uchun faqat konstruktor yoki IT mutaxassisi emas, balki qurilish texnologiyasi, ishlab chiqarish logistikasi, BIM muvofiqlashtirish, sensor ma'lumotlarini tahlil qilish hamda montaj intizomini birlashtira oladigan gibridd kompetensiyaga ega mutaxassislar zarurligi asoslandi.

Shu bois "Bino va inshootlarni barpo etish" fanida yig'ma va modulli tizimlarning konstruktiv-montaj xususiyatlarini chuqur o'rgatish, "Aqlli qurilish" fanida esa ushbu tizimlar uchun reja-fakt monitoringi, raqamli egizak, logistika analitikasi va mobil inspeksiya platformalarini amaliy misollar asosida yoritish tavsiya etildi.

Umuman olganda, natijalar shuni ko'rsatdiki, modulli va prefabrikatsiyalashgan qurilish faqat ishlab chiqarish usulining yangilanishi emas, balki qurilish boshqaruv falsafasini tubdan o'zgartiruvchi paradigma hisoblanadi. Uning muvaffaqiyati axborot uzviyligi, jarayonlar sinxronligi va qayta aloqa mexanizmlarining aniqligiga bog'liq.

Natijalarni chuqurroq tahlil qilish qurilish jarayonining "ko'rinmas" qatlamlarida ham sezilarli ijobiy o'zgarishlar yuzaga kelishini ko'rsatdi. Avvalo, hujjatlar aylanishi va axborot intizomi nuqtai nazaridan modulli aqlli boshqaruv loyihaviy tartibni sezilarli darajada mustahkamlaydi. An'anaviy obyektlarda bajarilgan ishlar dalolatnomalari, yashirin ishlar qaydlari, material sertifikatlari, ijro chizmalari va sifat protokollari ko'pincha yakuniy bosqichda shakllantirilsa, modulli tizimda har bir elementning elektron izi boshidan yaratiladi. Natijada qabul qilish jarayoni soddalashadi va huquqiy-texnik shaffoflik oshadi.

Ikkinchidan, ishlab chiqarish quvvatlarini balanslash nuqtai nazaridan modulli tizim zavod resurslarini aniq rejalashtirish imkonini beradi. Agar BIM modelidagi modul partiyalari ishlab chiqarish jadvali bilan integratsiya

qilinsa, qoliplar aylanishi, armaturalash postlari bandligi, pardozlash liniyalari yuklanishi va saqlash maydonlari imkoniyatlarini oldindan baholash mumkin bo'ladi. Bu esa ishlab chiqarish jarayonidagi notekisliklarni kamaytirib, mehnat unumdorligini barqarorlashtiradi.

Uchinchi muhim natija topshirish va ekspluatatsiya bosqichi bilan bog'liq bo'ldi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, modullar haqidagi ma'lumotlar qurilish yakunlangach ham saqlansa, ular servis ko'riklari, rejalashtirilgan ta'mirlar va energiya monitoringi jarayonlarida samarali qo'llanilishi mumkin. Masalan, muhandislik kapsulalarida o'rnatilgan uskunalar, ularning partiyasi, xizmat muddati va ishlab chiqaruvchi tavsiyalari raqamli pasportda aks ettirilsa, ekspluatatsion boshqaruv sifati sezilarli darajada oshadi.

To'rtinchidan, modulli qurilishning ijtimoiy ta'siri ham ijobiy baholandi. Qisqa montaj davri aholi yashash hududlarida chang, shovqin va transport yuklamasini kamaytiradi, tartibli logistika esa atrof infratuzilmaga tushadigan bosimni pasaytiradi.

Beshinchidan, boshqaruvning prediktiv darajaga o'tishi muhim natija sifatida qayd etildi. An'anaviy nazorat tizimlari asosan mavjud holatni qayd etsa, aqlli tahliliy tizimlar ehtimoliy holatlarni oldindan aniqlash imkonini beradi. Masalan, ma'lum modullar partiyasida transport jarayonida takrorlanuvchi shikastlanishlar kuzatilsa, tizim tashish sxemasi yoki qadoqlash usulini takomillashtirish zarurligini ko'rsatadi. Shuningdek, muayyan brigadada montaj og'ishlari ko'payganda, qo'shimcha trening yoki texnologik jarayonni qayta ko'rib chiqish ehtiyoji aniqlanadi.

Oltinchidan, tadqiqot natijalari modulli qurilishda standartlashuv va individuallashtirish o'zaro uyg'un holda rivojlanishi mumkinligini ko'rsatdi. Agar modul interfeyslari va tugunlar standartlashtirilgan bo'lsa, ichki rejalashtirish, fasad yechimlari va muhandislik tizimlari moslashuvchan tarzda loyihalaniishi mumkin. Bu esa me'moriy xilma-xillikni saqlagan holda samaradorlikni oshiradi.

Yettinchidan, natijalar qurilish menejmenti nuqtai nazaridan javobgarlik zonalarining aniqroq taqsimlanishini ham ko'rsatdi.

Elektron izga ega elementlarda nuqsonning qayerda va qachon yuzaga kelganini aniqlash imkoniyati kengayadi. Bu esa javobgarlikni shaffoflashtiradi hamda bahsli vaziyatlarning kamayishiga xizmat qiladi.

Sakkizinchi natija modulli tizimning energiya samaradorligiga ta'siri bilan bog'liq bo'ldi. Ushbu ta'sir nafaqat tayyor binoning ekspluatatsiyasida, balki qurilish jarayonining o'zida ham namoyon bo'ladi: qisqaroq qurilish muddati, nam jarayonlar ulushining kamayishi, transportning optimallashtirilishi hamda aniq ishlab chiqarish rejimi umumiy energiya sarfini pasaytiradi.

To'qqizinchi natija ta'lim jarayoniga taalluqli bo'lib, unda simulyatsiya va virtual amaliyotlar uchun yangi imkoniyatlar yuzaga kelishi asoslandi. Talabalar real qurilish maydoniga chiqmasdan turib ham modul pasportlash, 4D jadval tuzish, logistika ziddiyatlari va sifat og'ishlarini virtual muhitda tahlil qilishi mumkin. Bu esa kadrlar tayyorlash sifatini yangi bosqichga olib chiqadi.

Shu tariqa natijalar modulli aqlli qurilishning faqat texnologik emas, balki boshqaruv, huquqiy, ekologik, ijtimoiy va ta'limiy o'lchamlarda ham kompleks ustunliklarga ega ekanini ko'rsatdi.

Tadqiqotning yana bir muhim topilmasi shundan iboratki, modulli qurilishda sifat madaniyati "yakuniy mahsulotni tekshirish" bosqichidan "jarayonni boshqarish" bosqichiga o'tadi. An'anaviy qurilishda nuqsonlar ko'pincha yakuniy bosqichlarda aniqlansa, modulli aqlli tizimda ular manba bosqichida erta aniqlanadi. Masalan, ishlab chiqarish liniyasidagi og'ishlar ma'lumotlar panelida aks etishi bilan keyingi partiyani vaqtincha to'xtatish, qolip geometriyasini tekshirish yoki texnologik yo'riqnomani yangilash imkoniyati yuzaga keladi. Bu esa sifatni statistik boshqarish tamoyillarini qurilish jarayoniga chuqur integratsiya qilish imkonini beradi.

Shuningdek, modulli tizimda montaj ketma-ketligi bilan bog'liq ziddiyatlar oldindan modellashtirilgan holda aniqlanadi. Kran resurslarining yetishmasligi, brigadalar faoliyatining bir hududda kesishishi, vaqtinchalik tayanchlarning yetarli emasligi yoki muhandislik ulanishlarining kechikishi kabi holatlar 4D simulyatsiya yordamida oldindan baholanadi. Natijada boshqaruv qarorlari muammo yuzaga kelgandan so'ng emas, balki jarayon boshlanishidan oldin qabul qilinadi.

Yana bir muhim natija modulli qurilishning iqlimiy omillarga nisbatan moslashuvchanligi bilan bog'liq bo'ldi. Ob-havo ta'siriga sezgir operatsiyalarning katta qismi zavod sharoitiga ko'chirilishi hisobiga maydondagi noqulay ob-havo sababli yuzaga keladigan uzilishlar kamayadi. Ayniqsa, nam jarayonlar ulushining qisqarishi qurilish mavsumiga bog'liqlikni kamaytiradi. Shu bilan birga, yirik bloklarni ko'tarish va ulash jarayonlarida real vaqt meteorologik monitoringdan foydalanish zarurligi ortadi.

Natijalar buyurtmachi nuqtai nazaridan ham modulli aqlli qurilishning ustunligini ko'rsatdi. Buyurtmachi uchun asosiy mezonlardan biri prognoz qilinuvchanlik bo'lib, ya'ni obyektning yakunlanish muddati, sifat darajasi va kiritilgan o'zgarishlarning narx hamda muddatga ta'siri muhim ahamiyat kasb etadi. Raqamli boshqaruv asosidagi modulli tizim ushbu ko'rsatkichlarni aniqroq prognozlash imkonini beradi va investitsion tavakkalchilikni kamaytiradi.

Nihoyat, tadqiqot natijalari modulli qurilish sohasida innovatsion faoliyat uchun keng imkoniyatlar mavjudligini ko'rsatdi. Sensorli tugunlar, aqlli biriktirma elementlari, energiya monitoringi integratsiyalashgan



fasad modullari, tez almashtiriluvchi muhandislik kapsulalari hamda standart interfeyslarga asoslangan eksperimental yechimlar istiqbolli rivojlanish yo'nalishlari sifatida belgilandi.

Olingan natijalarni muhokama qilish shuni ko'rsatadiki, modulli va prefabrikatsiyalashgan qurilish tizimlari ko'pincha faqat tezkor qurilish usuli sifatida baholanadi. Holbuki ularning haqiqiy ilmiy va amaliy salohiyati boshqaruv arxitekturasini qayta tashkil etish darajasi bilan belgilanadi.

An'anaviy qurilish modeli tarixan maydon markazli bo'lib, unda pudratchi, subpudratchi, ta'minotchi va nazorat tizimlari ko'pincha qisman mustaqil faoliyat yuritadi. Natijada reja va fakt o'rtasidagi tafovutlar ko'pincha maydonda qo'lda moslashtirish orqali bartaraf etiladi. Modulli qurilish esa bunday erkinlikni qisqartiradi, chunki oldindan tayyorlangan elementlar yuqori aniqlik va qat'iy ketma-ketlikni talab etadi.

Shu sababli ayrim amaliyotchilar modullilikni moslashuvchanlikni cheklovchi yondashuv sifatida baholaydi. Biroq tadqiqot natijalari aksincha xulosani ko'rsatdi: modulli tizimlar rivojlangan boshqaruv platformasi bilan qo'llanganda, moslashuvchanlik kamaymaydi, balki yanada tizimli, o'lchab bo'ladigan va nazorat qilinadigan shaklga ega bo'ladi. Masalan, BIM muhitida elementlarning parametrik xususiyatlari saqlangani sababli dizayn o'zgarishlari tez baholanadi, logistika va montaj oqibatlarini oldindan ko'riladi hamda optimal variantlar tanlanadi. Ushbu yondashuv "intizomli moslashuvchanlik" sifatida talqin qilinishi mumkin.

Muhokamaning ikkinchi muhim yo'nalishi ishlab chiqarish va qurilish o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikka taalluqlidir. Amaliyotda ko'pincha prefabrikatsiya zavod faoliyati sifatida qaralib, qurilish maydoni esa faqat montaj bosqichi bilan bog'lanadi. Biroq tadqiqot natijalari modulli qurilishda zavod va maydon bir-biridan ajralgan tizimlar emas, balki yagona jarayonning o'zaro bog'langan qismlari ekanini ko'rsatdi. Ishlab chiqarishdagi kechikishlar maydonga, maydondagi tayyorgarlik muammolari esa zavod faoliyatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Shu bois aqlli qurilish yondashuvi ushbu ikki muhitni yagona raqamli makonda birlashtirishni talab etadi. Raqamli egizak konsepsiyasining ahamiyati ham aynan shunda namoyon bo'ladi: u modullarni faqat geometrik obyekt sifatida emas, balki vaqt, sifat, harorat, namlik, tashish holati, montaj bosqichi va ekspluatatsion ko'rsatkichlar bilan boyitilgan kompleks ma'lumot obyektlari sifatida ko'rishga imkon beradi.

Muhokamaning uchinchi yo'nalishi iqtisodiy samaradorlik bilan bog'liq. Amaliyotda modulli qurilishga nisbatan eng ko'p uchraydigan e'tirozlardan biri uning dastlabki xarajatlari yuqoriroq bo'lishidir. Bu holat qisman asosli bo'lsa-da, faqat boshlang'ich smeta asosida baholash modulli qurilishning to'liq afzalliklarini aks ettirmaydi.

Tezroq topshirish orqali kapital aylanishining tezlashishi, vaqt bilan bog'liq xarajatlarning kamayishi, nuqsonlarni tuzatish ishlarining qisqarishi, material sarfining optimallashtirilishi, mehnat xavfsizligining yaxshilanishi hamda obyektning erta ekspluatatsiyaga topshirish imkoniyati umumiy iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Shu sababli modulli qurilish hayotiy sikl nuqtai nazaridan baholanishi maqsadga muvofiqdir.

To'rtinchi muhokama yo'nalishi mahalliy sharoitga moslashuv bilan bog'liq. Har qanday ilg'or texnologiya singari modulli aqlli qurilish ham me'yoriy-huquqiy baza, standartlashtirilgan tugunlar tizimi, transport infratuzilmasi, ishlab chiqarish madaniyati va malakali kadrlar bilan ta'minlangan bo'lishi lozim. Aks holda texnologiya samarali integratsiyalashmaydi.

Shu bois mahalliy sharoitlarda modulli qurilishni rivojlantirish uchun modul o'lchamlari, transport cheklovlari, zilzilabardoshlik talablari, iqlim sharoitlari, energiya samaradorligi me'yorlari va ishlab chiqarish bazasini hisobga olgan moslashtirilgan modellarni ishlab chiqish zarur.

Beshinchi muhokama yo'nalishi ekologik masalalarga taalluqlidir. Barqaror qurilish odatda materiallar yoki energiya tejamkor texnologiyalar bilan bog'lanadi. Biroq qurilish jarayonining o'zi ham ekologik ta'sir manbai hisoblanadi.

An'anaviy qurilishdagi tartibsiz logistika, ortiqcha transport, qayta ishlov jarayonlari va chiqindilar umumiy resurs yukini oshiradi. Modulli aqlli qurilish esa jarayonlarni optimallashtirish, transportni samarali tashkil etish, chiqindilarni kamaytirish hamda energiya tejamkor elementlarni oldindan integratsiyalash orqali barqarorlikni tizimli darajada ta'minlash imkonini beradi.

Oltinchi muhokama yo'nalishi pedagogik ahamiyatga ega. Hozirgi paytda ko'plab o'quv dasturlarida qurilish texnologiyasi va raqamli vositalar alohida bloklar sifatida o'qitiladi. Natijada talaba modulli tugunning ishlash tamoyillarini bilishi mumkin, biroq uning BIM identifikatsiyasi yoki sensorli monitoring bilan bog'liqligini to'liq anglamasligi ehtimoli mavjud; yoki aksincha, u raqamli modelni yaratishi mumkin, ammo montaj logistikasi va ulanish intizomining amaliy oqibatlarini yetarli darajada tushunmaydi.

Tadqiqot natijalari ushbu ajralishni bartaraf etish zarurligini ko'rsatdi. Integratsiyalashgan ta'lim modeli talabani bir vaqtning o'zida konstruksion fikrlashga, texnologik ketma-ketlikni anglashga, ma'lumotlar oqimini boshqarishga va natijalarni tahlil qilishga o'rgatadi. Demak, maqolada ilgari surilgan yondashuv nafaqat qurilish amaliyoti uchun, balki fanlararo tayyorgarlik tizimini takomillashtirish uchun ham muhim ahamiyatga ega.

Umuman olganda, muhokama natijalari modulli va prefabrikatsiyalashgan qurilishning muvaffaqiyati "qanday konstruksiya tanlandi?" degan savoldan ko'ra ko'proq "ma'lumotlar, jarayonlar va ishtirokchilar

qanday integratsiya qilindi?” degan savolga bog‘liqligini ko‘rsatdi. Shu nuqtai nazardan, aqlli boshqaruv modulli qurilishning qo‘shimcha elementi emas, balki uning ajralmas nazariy va amaliy sharti sifatida qaralishi lozim.

Muhokama doirasida yana bir muhim masala modulli qurilishda me‘yoriy standartlashuv va innovatsion izlanish o‘rtasidagi muvozanat bilan bog‘liqdir. Haddan tashqari qat‘iy standartlashuv ijodkorlik va yangi yechimlarni cheklashi mumkin, ortiqcha eksperiment esa ishlab chiqarish va montaj intizomiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi. Aqlli boshqaruv ushbu ziddiyatni muvozanatlashtirishda muhim vosita bo‘lib xizmat qiladi, chunki u standart elementlarni saqlagan holda parametrik o‘zgarishlarning oqibatlarini tez baholash imkonini beradi. Boshqacha aytganda, raqamli boshqaruv modullilikka “ mantiqli erkinlik” beradi.

Yana bir muhim jihat modulli tizimning tashkilot madaniyatiga ta‘siridir. An‘anaviy qurilishda ko‘plab masalalar ustalarning tajribasi va maydondagi tezkor qarorlari asosida hal etiladi. Modulli aqlli tizimda esa intizom, oldindan puxta tayyorgarlik va ma‘lumotlarga asoslangan boshqaruv hal qiluvchi o‘ringa ega bo‘ladi. Bu esa tashkilotning boshqaruv uslubini ham o‘zgartiradi: qarorlar taxminlarga emas, aniq ko‘rsatkichlarga tayanadi; javobgarlik og‘zaki topshiriqlarga emas, tizimli qaydlarga bog‘lanadi; muvaffaqiyat esa individual faoliyatdan ko‘ra jamoaviy sinxronlik bilan belgilanadi.

Albatta, bunday transformatsiya muayyan moslashuv jarayonlarini talab qiladi. Shu sababli modulli aqlli qurilishga o‘tishda texnik joriy etish bilan bir qatorda tashkiliy o‘zgarishlar, treninglar va pilot loyihalarni amalga oshirish zarur.

Muhokamaning yana bir yo‘nalishi hududiy xususiyatlar bilan bog‘liq. Katta shaharlarda transport cheklovlari muhim omil bo‘lsa, chekka hududlarda zavoddan masofa asosiy rol o‘ynashi mumkin. Seysmik hududlarda tugunlarning mustahkamligi va montaj barqarorligi ustuvor bo‘lsa, sovuq iqlim sharoitida issiqlik yo‘qotishlari va qadoqlash masalalari dolzarb bo‘ladi. Demak, modulli aqlli qurilish universal yondashuvdan ko‘ra mahalliy sharoitlarga moslashtirilgan boshqaruv modellarini talab etadi.

Shu o‘rinda tadqiqotning yana bir muhim xulosasi shuki, modullilikning muvaffaqiyati ko‘p jihatdan loyihalash bosqichining chuqurligiga bog‘liq. Agar loyiha bosqichida tugunlar, transport gabaritlari, muhandislik interfeyslari va montaj ketma-ketligi yetarli darajada ishlab chiqilmasa, keyingi bosqichlarda ularni tuzatish murakkab va resurs talab qiluvchi jarayonga aylanadi. Demak, modulli tizimlarni aqlli boshqarishdan avval ularni puxta loyihalash zarur. Bu esa me‘mor, konstruktor, muhandis va texnolog o‘rtasidagi hamkorlikni dastlabki bosqichdan boshlab mustahkamlashni talab etadi.

Nihoyat, muhokama natijalari modulli qurilishning kengroq iqtisodiy ekotizimga ta‘sirini ham ko‘rsatdi. Zavodlashuv darajasi ortishi bilan qurilish sohasi ishlab chiqarish sanoati bilan yaqinlashadi, bu esa yangi kooperatsiya zanjirlari, yangi kasblar va yangi talablarning shakllanishiga olib keladi.

Shu bois modulli aqlli qurilishni alohida loyiha texnologiyasi sifatida emas, balki butun qurilish tarmog‘ini transformatsiya qiluvchi tizimli model sifatida baholash maqsadga muvofiqdir.

Mazkur qarash ushbu maqolaning asosiy nazariy hissasini tashkil etadi.

Boshqa tomondan, modulli aqlli qurilishning cheklovlari ham muhokamadan chetda qolmasligi lozim. Birinchidan, loyiha bosqichidagi xatolar keyingi bosqichlarda katta xarajatlarga olib kelishi mumkin, bu esa dastlabki muvofiqlashtirish bosqichiga yuqori darajada mas‘uliyat yuklaydi. Ikkinchidan, yetarli ishlab chiqarish quvvatlari yoki rivojlangan transport infratuzilmasi mavjud bo‘lmagan hududlarda modulli tizimning imkoniyatlari to‘liq namoyon bo‘lmasligi ehtimoli mavjud. Uchinchidan, barcha obyekt tipologiyalari bir xil darajada modullashtirishga mos kelmaydi; murakkab shaklli, individual me‘moriy yechimlarga ega yoki kichik hajmli loyihalarda modullashtirish darajasi ehtiyotkorlik bilan tanlanishi zarur.

Shu bilan birga, aynan aqlli boshqaruv yondashuvi ushbu cheklovlarni kamaytirish imkonini beradi, chunki u qaysi obyekt uchun qaysi modullashtirish darajasi optimal ekanini aniqlashga xizmat qiluvchi analitik asosni shakllantiradi.

Muhokama natijalari shuni ham ko‘rsatdiki, modulli qurilishda muvaffaqiyat formulasi “maksimal zavodlashuv” emas, balki “maqbul zavodlashuv” tamoyiliga asoslanadi. Ayrim holatlarda to‘liq blok-modullar o‘rniga yarim modullar yoki yuqori tayyorlikdagi prefabrik elementlardan foydalanish iqtisodiy va logistik jihatdan samaraliroq bo‘lishi mumkin.

Demak, aqlli qurilish falsafasi har doim eng yuqori texnologiyalashgan variantni tanlashni emas, balki mavjud ma‘lumotlar va sharoitlar asosida eng maqbul yechimni tanlashni talab qiladi. Shu nuqtai nazardan, maqolada taklif etilgan yondashuv qat‘iy dogma emas, balki moslashuvchan ilmiy-metodik platforma sifatida talqin etilishi lozim.

Mazkur yondashuvning yana bir muhim jihati shundaki, u qurilish sohasida raqamlashtirishni o‘z-o‘zidan maqsad sifatida emas, balki natijaga yo‘naltirilgan vosita sifatida qaraydi. Raqamli texnologiyalar faqat real samaradorlikni oshirgandagina ahamiyat kasb etadi. Agar ular vaqtni qisqartirmasa, nuqsonlarni kamaytirmasa, xavfsizlikni oshirmasa yoki boshqaruv qarorlarining sifatini yaxshilamasa, ularning qo‘llanilishi yetarli natija bermaydi.



Shu bois modulli aqlli qurilishni baholashda har bir texnologik vosita aniq natija indikatorlari bilan bog'lanishi zarur. Bunday yondashuv ilmiy tadqiqotlar uchun ham, amaliy joriy etish jarayonlari uchun ham muhim metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

## XULOSA VA TAKLIFLAR

Xulosa qilib aytganda, bino va inshootlarni barpo etishda prefabrikatsiyalashgan hamda modulli qurilish tizimlarini aqlli boshqaruv asosida takomillashtirish zamonaviy qurilishning eng istiqbolli yo'nalishlaridan biri ekani mazkur tadqiqotda ilmiy jihatdan asoslab berildi.

Tadqiqot natijalari modulli qurilishning afzalligi faqat elementlarni zavodda tayyorlash bilan cheklanmasdan, balki dizayn, ishlab chiqarish, logistika, montaj, nazorat va ekspluatatsiya jarayonlarini yagona raqamli muhitda sinxron boshqarish orqali shakllanishini ko'rsatdi. Ma'lumotlar uzviyligi, vaqt sinxronligi va qayta aloqa tamoyillariga asoslangan integrallashgan model qurilish siklini qisqartirish, materiallar yo'qotilishini kamaytirish, sifatni takrorlanuvchi barqaror darajada ta'minlash, xavfsizlikni yaxshilash va energiya samaradorligini oshirish uchun muhim nazariy asos yaratadi.

Shuningdek, modulli qurilish dastlab yuqori darajadagi tayyorgarlik va tashkiliy intizomni talab qilsa-da, hayotiy sikl nuqtai nazaridan sezilarli iqtisodiy samaradorlikni hamda obyektning erta ekspluatatsiyaga topshirish imkoniyatini ta'minlaydi.

Mahalliy sharoitlarda ushbu yondashuvni muvaffaqiyatli joriy etish uchun me'yoriy-huquqiy bazani takomillashtirish, tipik modullar bankini shakllantirish, zavod va qurilish maydoni o'rtasidagi ma'lumot almashinuvini standartlashtirish, logistika rejalashtirishni raqamlashtirish hamda fanlararo kompetensiyaga ega kadrlarni tayyorlash zarur. Shu bois "Bino va inshootlarni barpo etish" hamda "Aqlli qurilish" fanlarini alohida yo'nalishlar sifatida emas, balki yagona integratsiyalashgan bilim sohasi sifatida rivojlantirish maqsadga muvofiqdir.

Kelgusidagi tadqiqotlarda turli tipologiyadagi obyektlar uchun modulli aqlli boshqaruvning miqdoriy mezonlarini ishlab chiqish, raqamli egizak asosida ekspluatatsion samaradorlikni baholash hamda qurilish ta'limida amaliy simulyatsion platformalarni yaratish muhim ilmiy yo'nalishlar sifatida qaraladi.

Amaliy tavsiyalar sifatida quyidagilarni ajratib ko'rsatish mumkin:

modulli obyektlar uchun element identifikatsiyasi va raqamli pasportlash tartibini standartlashtirish;

zavod va qurilish maydoni o'rtasida reja-fakt ma'lumot almashinuvini ta'minlovchi raqamli platformalarni joriy etish;

qurilish tashkilotlarida logistika muhandisi, BIM-integrator va sifat ma'lumotlari koordinatori kabi yangi funksional rollarni shakllantirish;

oliy ta'limda modulli qurilish bo'yicha virtual laboratoriyalar, raqamli simulyatorlar va keys-stadilar asosida amaliy mashg'ulotlarni kengaytirish.

Mazkur yondashuv asosida modulli qurilish alohida tajriba sifatida emas, balki boshqariladigan va takror ishlab bo'ladigan sanoat tizimi sifatida shakllanishi mumkin.

Tadqiqotning ilmiy ahamiyati shundaki, unda modulli qurilish ishlab chiqarish usuli sifatida emas, balki axborot, logistika, montaj va ekspluatatsion jarayonlar uyg'unlashgan murakkab tizim sifatida talqin qilindi. Amaliy ahamiyati esa ushbu tizimni joriy etishda ustuvor bo'g'inlarni aniqlab berishidir.

Shundan kelib chiqadiki, kelajak qurilishi nafaqat mustahkam konstruksiya, balki oldindan prognoz qilinadigan, o'z holatini monitoring qiladigan va boshqaruv qarorlarini ma'lumotlar asosida qo'llab-quvvatlaydigan aqlli ishlab chiqarish-ekotizimi sifatida shakllanishi lozim. Ushbu yo'nalish milliy qurilish amaliyotining raqobatbardoshligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3rd ed.). Hoboken: Wiley.
2. ISO 19650-1:2018. *Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM) — Information Management Using Building Information Modelling — Part 1: Concepts and Principles*. Geneva: ISO, 2018.
3. ISO 19650-2:2018. *Organization and Digitization of Information about Buildings and Civil Engineering Works, Including Building Information Modelling (BIM) — Information Management Using Building Information Modelling — Part 2: Delivery Phase of the Assets*. Geneva: ISO, 2018.
4. Smith, R. E. (2010). *Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction*. Hoboken: John Wiley & Sons.
5. Gibb, A. G. F. (1999). *Off-site Fabrication: Prefabrication, Pre-assembly and Modularisation*. New York: Wiley-Blackwell.
6. Lawson, R. M., Ogden, R. G., & Bergin, R. (2014). Application of Modular Construction in High-Rise Buildings. *Journal of Architectural Engineering*, 20(1), 1–11.



7. Kamali, M., & Hewage, K. (2016). Life Cycle Performance of Modular Buildings: A Critical Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1171–1183.
8. Lessing, J. (2006). *Industrialized House-Building: Concept and Processes*. Lund: Lund University.
9. Lu, N., & Korman, T. (2010). Implementation of Building Information Modeling in Modular Construction: Benefits and Challenges. In *Construction Research Congress Proceedings* (pp. 1136–1145).
10. O'Brien, W. J., Issa, R. R. A., & Flood, I. (2012). *4D CAD and Visualization in Construction: Developments and Applications*. Boca Raton: CRC Press.
11. Sacks, R., Koskela, L., Dave, B., & Owen, R. (2010). Interaction of Lean and Building Information Modeling in Construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(9), 968–980.
12. Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., & Rezgui, Y. (2020). Towards a Semantic Construction Digital Twin: Directions for Future Research. *Automation in Construction*, 114, 103179.
13. O'zbekiston Respublikasining Shaharsozlik kodeksi. (2021). Toshkent.
14. O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi sohasida raqamlashtirish va axborot modellashtirish texnologiyalarini joriy etishga doir me'yoriy-uslubiy hujjatlar to'plami. (2023). Toshkent.

# **muhandislik**

# **& iqtisodiyot**

ijtimoiy-iqtisodiy, innovatsion texnik,  
fan va ta'limga oid ilmiy-amaliy jurnal

**Ingliz tili muharriri:** Feruz Hakimov

**Musahhih:** Zokir Alibekov

**Sahifalovchi va dizayner:** Abdurahmon Qurbonov

---

**2026. № 4**

---

© Materiallar ko'chirib bosilganda "Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali manba sifatida ko'rsatilishi shart. Jurnalda bosilgan material va reklamalardagi dalillarning aniqligiga mualliflar ma'sul. Tahririyat fikri har vaqt ham mualliflar fikriga mos kelamasligi mumkin. Tahririyatga yuborilgan materiallar qaytarilmaydi.

"Muhandislik va iqtisodiyot" jurnali 26.06.2023-yildan  
O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Adminstratsiyasi huzuridagi  
Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi tomonidan  
№S-5669245 reyestr raqami tartibi bo'yicha ro'yxatdan o'tkazilgan.  
**Litsenziya raqami: №095310.**

**Manzilimiz: Toshkent shahri Yunusobod  
tumani 15-mavze 19-uy**





+998 93 718 40 07



<https://muhandislik-iqtisodiyot.uz/index.php/journal>



[t.me/yait\\_2100](https://t.me/yait_2100)