

BINO VA INSHOOTLARNING TEXNIK HOLATINI REAL VAQT REJIMIDA MONITORING QILISHDA STRUCTURAL HEALTH MONITORING (SHM) TIZIMI TAHLILI

Rashidov S.U.

Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
“Shahar infratuzilmasi” kafedrası tayanch doktoranti.

Xolbekov S.R.

Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
“Shahar infratuzilmasi” kafedrası katta o’qituvchisi.

Oltiyev O’A.

Toshkent arxitektura-qurilish universiteti
“Shahar infratuzilmasi” kafedrası assistenti.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15752007>

Annotatsiya: Structural health monitoring (SHM) - Strukturaviy butunlik monitoringi fuqaro va sanoat binolarini doimiy kuzatib borish bilan bog’liq bo’lgan, inson xavfsizligini va binolar umirboqiyiligini oshirish hamda texnik xizmat ko’rsatish xarajatlarini kamaytirishga qaratilgan tizim hisoblanadi. Ushbu maqolada mazkur tizimning imkoniyatlari, foydali tomonlari tahlil etiladi.

Аннотация: Structural health monitoring (SHM) - Мониторинг состояния конструкций представляет собой систему, которая включает в себя непрерывный мониторинг гражданских и промышленных зданий, направленный на повышение безопасности людей и долговечности зданий, а также на снижение затрат на техническое обслуживание. В данной статье анализируются возможности и преимущества данной системы.

Abstract: Structural health monitoring (SHM) is a system that includes continuous monitoring of civil and industrial buildings, aimed at improving the safety of people and the durability of buildings, as well as reducing maintenance costs. This article analyzes the capabilities and advantages of this system.

Kalit so’zlar: Strukturaviy butunlik monitoringi, ko’p kvartirali uylar (KKU), texnik holat, monitoring, raqamli texnologiyalar, IoT platformalari.

Klyuchevye slova: Мониторинг состояния конструкций, многоквартирные жилые дома (МЖК), техническое состояние, мониторинг, цифровые технологии, платформы IoT.

Keywords: Structural health monitoring (SHM), Multi-apartment buildings (MAB), technical condition, monitoring, digital technologies, IoT platforms.

Kirish qismi. Bugungi kunda mamlakatimizdagi bino va inshootlarning yosh bo’yicha kategoriyalariga va hududlarning seysmik faolligi bo’yicha guruhlariga e’tibor beradigan bo’lsak bino va inshootlar texnik holatini monitoring qilishda zamonaviy usullarni qo’llashning shaharsozlikdagi o’rni katta ekanligini tushunib yetamiz. O’zbekiston Respublikasi Prezidentining 17.04.2024 dagi “Bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish hamda seysmik xavfni monitoring qilish faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to’g’risida” gi PQ 161-sonli qarorining seysmik xavfsizlikni ta’minlash hamda bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish tizimini takomillashtirish bo’yicha yo’l xaritasida ham bino va inshootlarning seysmik mustahkamligini oshirish, ularning texnik holati

monitoringida rivojlangan mamlakatlar tajribalarini o'rganish [1] kabi vazifalarning mavjudligi ham bu yo'nalishda qilinadigan ishlar ko'pligi hamda dolzarbligini bildirmoqda.

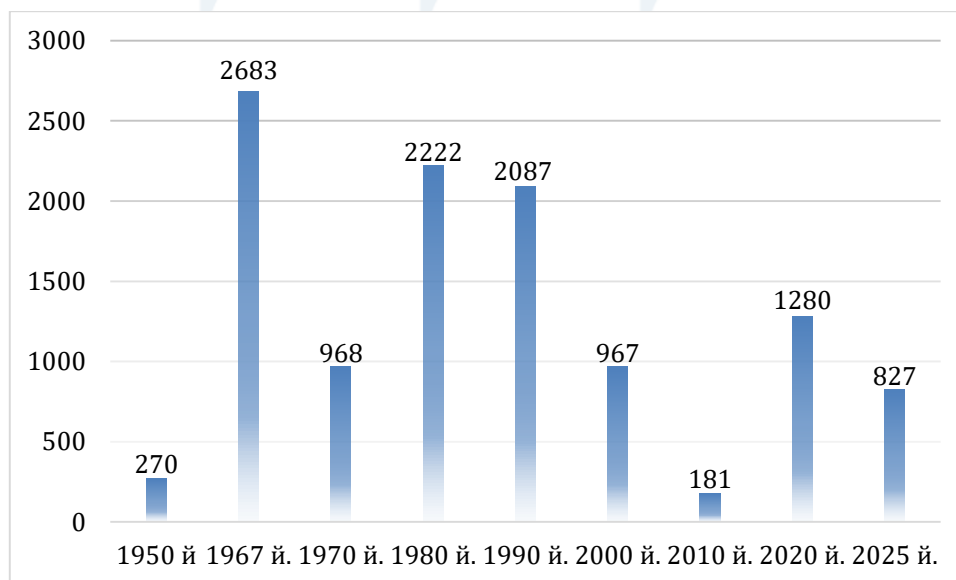
SHM bino va inshootlarning texnik holatini real vaqt davomida kuzatish va ularning materialida yoki geometrik xususiyatlaridagi o'zgarishlarni erta aniqlash, inshootlarning xavfsizligini ta'minlash, va ularni qayta tiklash xarajatlarini kamaytirish uchun ishlatiladi. SHM nazorati real vaqt rejimida ma'lumotlar to'plash va tahlil qilish orqali inshootlarning holatini doimiy ravishda baholash imkonini beradi.

Asosiy qism: Bugungi kunda O'zbekiston shaharlarida ko'p kvartirali uylarning texnik holatini monitoring qilish aholi xavfsizligini ta'minlashda ayniqsa, zilzila xavfi yuqori hududlarda muhim rol o'ynaydi. An'anaviy monitoring usullari, masalan, vizual tekshiruvlar, ko'pincha muammolarni kech aniqlashga olib keladi. Quyida ko'rib o'tiladigan tizim bu jarayonni real vaqtda kuzatish imkonini beradi.

Toshkent shahrida 2025 yil yanvar holatiga ko'ra 11485 ta ko'p xonadonli uylarda jami 563334 ta xonadon mavjud bo'lib, unda shahar aholisining asosiy qismi istiqomat qilmoqda.

Bugungi kunda ko'p kvartirali uylarda boshqaruv servis kompaniyalari tomonidan olib borilayotgan ko'rik va ta'mirlash ishlari qoniqarli tarzda tashkil etilmayapti. O'rganishlar natijasida ohirgi yillarga ko'p kvartirali uylarning tom qoplamalari va fasad qismlarida ba'zi ta'mirlash ishlari olib borilib, ularning muhandislik tizimlari qoniqarli darajada monitoring qilinmagan va har bir xonadon egalari tomonidan individual tarzda ta'mir ishlari olib borilishi natijasida ulardagi hozirgi real texnik holat butun bino bo'yicha qanday ekanligi masalasi ochiq qolmoqda.

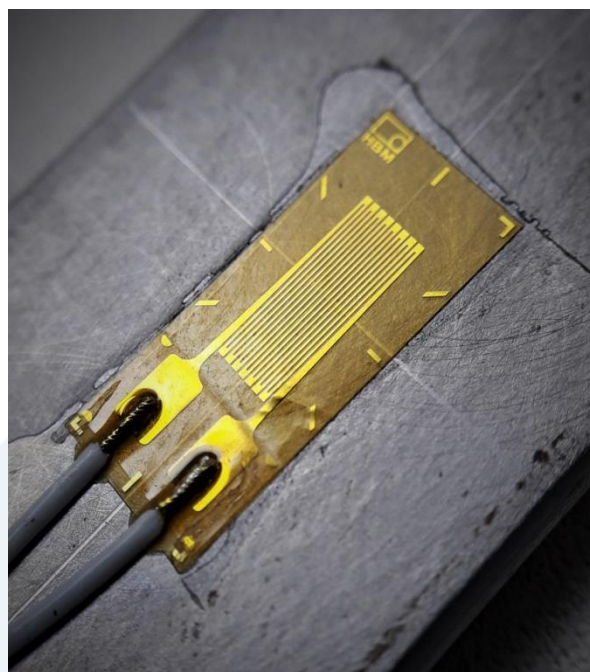
Bundan tashqari Toshkent shahridagi ko'p kvartirali uylarning yoshi (1-rasm) va ekspluatatsiya muhiti turlichaligini ham ko'z oldimizga keltiradigan bo'lsak bugungi kunda 30% da ortiq ko'p kvartirali uylarda real vaqt rejimidagi doimiy monitoringni tashkil etish lozimligini ko'rishimiz mumkin.



1-rasm. Toshkent shahrida yillar bo'yicha ko'p kvartirali uylarning qurilish dinamikasi, dona

SHM nazorat tizimida bino yoki inshootning turli texnik ko'rsatkichlarini nazorat qilish, ma'lumotlarni to'plash hamda qayta ishlash uchun turli sensorlar va qurilmalar ishlatiladi.

Masalan, bino va inshootlardagi vibratsiya jarayonlarini o'lchash uchun akselerometrlar, bino va inshootlardagi deformatsiyasini aniqlash uchun deformatsiya sensorlari (strain gauges, 2-rasm), harorat, deformatsiya va boshqa parametrlarni o'lchash uchun fiber optik sensorlar va shu kabi o'nlab sensor hamda qurilmalar qo'llaniladi. Bu sensorlar bino va inshootlarning harakatini, haroratini va boshqa muhim parametrlarni o'lchash orqali shikastlanishlarni erta aniqlash imkonini beradi.



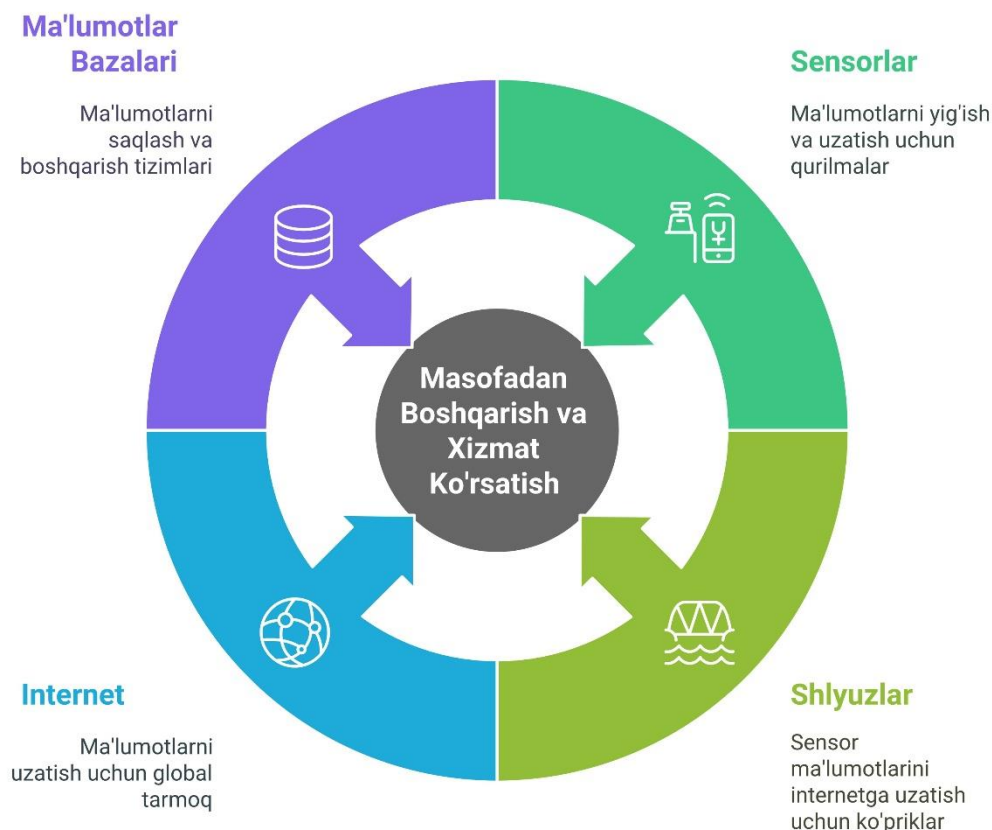
2-rasm. Strain gauges - deformatsiyasini aniqlovchi sensor

Sensorlar aqlli bo'lib, ular nafaqat paydo bo'ladigan fizik kattaliklarni o'lchashga, balki ularni qayta ishlashga va xulosa olish uchun internet orqali ma'lumotlarni uzatishga qodir. Har bir sensor aqlli ob'ekt hisoblanadi va butun SHM tizimi Internet of Things (IoT) [2], [3] paradigmasining amaliyotidir. SHM tizimining IoT paradigmasiga asoslangan holda joriy etilishi monitoring tizimining samaradorligi va ishonchliligini oshirish uchun yangi texnologiyalarni qo'llash imkonini beradi. Odatda, IoT tizimlari ma'lumotlarni aqilli ob'ektlar (sensorlar) o'rtasida almashish uchun simsiz tarmoqlardan foydalanadi va bu holat sensorlarni mutahassislar tomonidan belgilangan monitoring nuqtalariga o'rnatish imkonini beradi. [4]

IoT-SHM tizimi va an'anaviy monitoring yechimlari o'rtasidagi asosiy farq uning tarkibiy qismlarining rovida yotadi. IoT-SHM tizimining tuzilishi (3-rasm) quyidagicha sxematik tarzda tasvirlanishi mumkin: aqlli ob'ekt (sensorlar), shlyuz, internet tarmog'i, ma'lumotlar bazasi, masofadan boshqarish va xizmat ko'rsatish xonasi.

Aqlli ob'ekt, ya'ni sensor qurilmasi, konstruksiyaning shikastlanish bilan bog'liq bo'lgan fizikaviy hodisa ko'rsatkichlarini aniqlaydi. Bu hodisa sensor tomonidan o'lchanadi va signal hosil qilib, uni yig'ish va saqlash quyi tizimiga yuboradi.

Tizimning shlyuzi monitoring tarmog'ining chegarasida joylashgan tarmoq tuguni bo'lib, bir tomondan sensor tugunlari bilan, boshqa tomondan esa asosiy tarmoq bilan o'zaro aloqa qila oladi. Aloqa nuqtai nazaridan, shlyuz oxirgi qurilmalardan kelgan xabarlarini masofadan boshqarish va xizmat ko'rsatish xonasiga yuboriladigan ma'lumot paketlariga aylantiradi. Shlyuz ma'lumot so'rovlarini boshqarish va optimallashtirish, hodisalar haqida xabar berish, tugunlarning ulanishini tekshirish va IoT protokollaridan foydalangan holda tizim yaxlitligini sinovdan o'tkazish imkoniyatiga ega.



3-rasm. IoT-SHM tizimining strukturaviy tuzilishi

Masofadan boshqarish va xizmat ko'rsatish xonasi ma'lum bir sensor tugunlariga so'rovlar yuborish mumkin, bu esa holatni yoki boshqa muhim boshqaruv parametrlarini, masalan, batareyaning qoldiq foizini va bir qator texnikalar yordamida hisoblangan uzatish kechikishini bilish imkonini beradi. [5] Bundan tashqari, masofadan boshqarish va xizmat ko'rsatish xonasi barcha yig'ilgan ma'lumotlarni saqlash uchun ma'lumotlar bazasini o'z ichiga oladi, bu ma'lumotlar katta ma'lumotlar (Big Data) tahlili uchun ishlatiladi, shuningdek, standart tizimlar bilan o'zaro aloqa qilish uchun serverga ulagichlarni taqdim etadi. Bu tizimning oxirgi komponenti bo'lib, monitoring segmentlaridan olingan barcha ma'lumotlarni saqlash uchun javobgardir.

IoT-SHM tizimini ishlab chiqishda monitoring tizimi tugunlarining apparat xususiyatlari va ularning joylashuvini aniqlash zarur. Bundan tashqari, aqlli ob'ekt (sensor) markazlashgan yoki taqsimlangan birlik bilan aloqa qilishi ta'minlanishi kerak, bu birlik ma'lumotlarni qayta ishlash va o'lchov natijalarini konstruktsiya modeliga qo'llab, uning holatini aniqlash bilan shug'ullanadi. Mavjud binolarni monitoring qilish uchun ishlatiladigan sensorlar simsiz aloqa rejimida ishlaydigan deformatsiya o'lchagichlari (strain gauges) va akselerometrlardir.

Natijada, IoT-SHM tizimida deformatsiyalarni aniqlash bosqichi uchun odatda simsiz sensor tarmoqlar qo'llaniladi. Ajratib olingan parametrlar monitoring qilinadigan bino konstruksiyasi holatini baholash va unda korroziya, eskirish yoki yoriqlarni aniqlash uchun qayta ishlanadi. Ushbu parametrlarning ba'zilar statik yoki dinamik bo'lishi mumkin. [4]

IoT-SHMning ijobiy ta'sirlari monitoring xarajatlarining keskin kamayishi va doimiy monitoring tufayli insonlar uchun xavfsizlikning oshishidir. Bino va inshootlar konstruksiyasining mustahkamligi va ishonchligini uzoq vaqt davomida qoniqarli tarzda saqlash buzish va qayta qurish bilan bog'liq umumiy xarajatlarni kamaytiradi.

Yana bir olib borilayotgan loyiha asosida zilzila simulyatsiyasi kompleks dasturi orqali Toshkent shahridagi barcha bino va inshootlar bo'yicha ma'lumotlarni binolarning manzili, qurilgan yili, konstruktiv tiplari, qavatligi, balandligi hamda texnik holati bo'yicha ma'lumotlar bazasi shakllantiriladi, to'plangan ma'lumotlar markaziy ma'lumotlar bazasiga yig'iladi va bu ma'lumotlar qaytadan tahrir qilinib boriladi [6].

Xulosa. Ushbu maqola bino va inshootlar konstruksiyasining mustahkamligi baholash uchun IoTga asoslangan SHM tizimlari haqida umumiy ma'lumot beradi. SHM monitoring tizimini amalga oshirishda IoT paradigmasining afzalliklari ko'rib chiqildi va bu yo'nalishda ilmiy tadqiqot harakatlarini kuchaytirish maqsad qilinadi. IoT-SHM tizimi aqlli uylar va aqlli shaharlar kabi qo'llanilish stsensariylariga yaxshi moslashadi, shuningdek bir tomondan insonlar va mol-mulk uchun xavfsizlikni oshiradi, boshqa tomondan esa davriy monitoring xarajatlarini kamaytiradi.

References:

Используемая литература: Foydalanilgan adabiyotlar:

1. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 17.04.2024 dagi "Bino va inshootlarning zilzilabardoshligini oshirish hamda seysmik xavfni monitoring qilish faoliyatini takomillashtirish chora-tadbirlari to'g'risida" gi PQ 161-sonli qarori.
2. J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, "Interne of things (IoT): a vision, architectural elements, and future directions," Future Generation Computer Syst., vol. 29, no. 7, pp. 1645-1660, 2013.
3. F. Lamonaca, C. Scuro, P. F. Sciammarella, D. L. Carni, and R. Olivito, "Internet of things for structural health monitoring," in Proc. IEEE Int. Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, Apr. 2018.
4. R.S.Olivito, Francesco Lamanaca "IoT for Structural Health Monitoring" Article in IEEE Instrumentation & Measurement Magazine • December 2018 DOI: 10.1109/MIM.2018.8573586
5. J. N. Al-Karaki and A. E. Kamal, "Routing techniques in wireless sensor networks: a survey," IEEE Wireless Commun., vol. 11, no. 6, pp. 6-28, 2014.
6. Toshtemirovich Asadulla Khotamov. "Digital Simulation Model for Assessing the Level of Earthquake Damage of Buildings." Miasto Przyszłości 54 (2024): 1413-1417.