ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -7

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 7

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

SFERIK PANORAMALAR ASOSIDA ADABIY UY-MUZEYLAR UCHUN VIRTUAL TUR YARATISH MODELI

Sayfiyev Eldor Erkinovich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Multimedia texnologiyalari kafedrasi katta o‘qituvchisi
E-mail: eldor1075@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu maqolada adabiy uy-muzeylar uchun 360° sferik panoramalar asosida virtual tur yaratish usuli taklif etiladi. Tadqiqotda panorama tasvirlarini sferaning ichki sirtiga proyeksiyalash, equirectangular formatga moslashtirish, hotspot va teleportatsiya nuqtalarini navigatsion graf orqali boshqarish masalalari yoritiladi. Virtual tur vizual, navigatsion va multimodal kontent qatlamlaridan tashkil topgan model sifatida qaraladi. Taklif etilgan yondashuv foydalanuvchiga muzey xonalarini masofadan ko‘rish, eksponatlar bo‘yicha matnli va audio ma’lumot olish, AR va VR rejimlari o‘rtasida semantik izchillikni saqlash imkonini beradi. Natijada madaniy meros obyektlarini interaktiv va mobil platformalarda taqdim etish samaradorligi oshadi. Mazkur model ta’limiy virtual sayohatlarni tashkil etish uchun ham katta amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: VR rejimi, 360° sferik panorama, virtual tur, adabiy uy-muzey, equirectangular proyeksiya, hotspot, teleportatsiya, navigatsion graf, multimodal kontent, AR/VR vizualizatsiya.

Abstract. This article proposes a method for developing a virtual tour for literary house-museums based on 360° spherical panoramas. The study considers the projection of panoramic images onto the inner surface of a sphere, their conversion to equirectangular format, and the control of hotspots and teleportation points through a navigation graph. The virtual tour is interpreted as a multilayer model consisting of visual, navigational, and multimodal content layers. The proposed approach enables remote exploration of museum rooms, access to textual and audio information about exhibits, and semantic consistency between AR and VR modes. It also improves interactive cultural heritage presentation.

Keywords: VR mode, 360° spherical panorama, virtual tour, literary house-museum, equirectangular projection, hotspot, teleportation, navigation graph, multimodal content, AR/VR visualization.

Аннотация. В статье предлагается метод создания виртуального тура для литературных домов-музеев на основе 360° сферических панорам. Рассматриваются проецирование панорамных изображений на внутреннюю поверхность сферы, их приведение к equirectangular-формату, а также управление hotspot-точками и переходами телепортации с помощью навигационного графа. Виртуальный тур интерпретируется как многослойная модель, включающая визуальный, навигационный и

мультимодальный контентные уровни. Предложенный подход обеспечивает дистанционный просмотр музейных помещений, получение текстовой и аудиоинформации об экспонатах, а также семантическую согласованность между режимами AR и VR. Решение повышает эффективность интерактивного представления культурного наследия на мобильных платформах. Оно может применяться в образовательных экскурсиях, музейной коммуникации, цифровой архивации и популяризации литературного наследия среди удалённых пользователей.

Ключевые слова: режим VR, 360° сферическая панорама, виртуальный тур, литературный дом-музей, equirectangular-проекция, hotspot, телепортация, навигационный граф, мультимодальный контент, AR/VR-визуализация.

KIRISH.

Madaniy meros obyektlarini raqamli muhitda taqdim etish zamonaviy axborot texnologiyalari, kompyuter grafikasi va immersiv vizualizatsiya vositalarining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, adabiy uy-muzeylar ichki makoni eksponatlar, memorial buyumlar, xona tuzilishi va tarixiy kontekstning o‘zaro bog‘liqligi bilan ajralib turadi. Bunday muhitni oddiy fotosuratlar majmuasi sifatida emas, balki foydalanuvchi erkin kuzata oladigan, zallar bo‘ylab harakatlana oladigan va eksponat haqida qo‘shimcha axborot oladigan interaktiv virtual muhit sifatida shakllantirish zarur[1].

VR rejimida foydalanuvchi real kamera kadrini emas, balki oldindan olingan va qayta ishlangan 360° panorama tasvirini ko‘radi. Ushbu panorama sferaning ichki sirtiga joylashtiriladi, virtual kamera orientatsiyasi o‘zgarganda esa foydalanuvchiga xonaning mos yo‘nalishdagi fragmenti ko‘rsatiladi. Shu sababli virtual tur yaratish jarayonida ikki asosiy masala hal qilinadi: sferik panorama tasvirini geometrik jihatdan to‘g‘ri proyeksiyalash va panorama tugunlari, hotspotlar, teleportatsiya yo‘nalishlari hamda multimodal kontentni yagona navigatsion tizimga birlashtirish[4,5].

Mazkur maqolaning maqsadi adabiy uy-muzeylar uchun 360° sferik panorama asosidagi VR virtual tur modelini ishlab chiqish, equirectangular proyeksiya bilan bog‘liq geometrik munosabatlarni ifodalash, hotspot va teleportatsiya mexanizmlarini formal ko‘rinishda tavsiflash hamda AR/VR rejimlari uchun umumiy kontent qatlamini asoslashdan iborat.

1. VR virtual turining qatlamli modeli

Adabiy uy-muzeylar uchun VR virtual tur yaratish faqat panorama tasvirlarini ketma-ket ko‘rsatish bilan cheklanmaydi. Tizim foydalanuvchini xona ichida harakatlantirishi, zallar orasida teleportatsiyani ta’minlashi, eksponatga bog‘langan matnli va audio kontentni kerakli nuqtada faollashtirishi hamda AR rejimi bilan semantik izchillikni saqlashi kerak. Shu nuqtayi nazardan virtual tur

ISSN 3030-3907

vizual qatlam, navigatsion qatlam va multimodal kontent qatlamidan tashkil topgan model sifatida qaraladi.

Vizual qatlam 360° sferik panorama tasvirlari majmuasidan iborat bo‘lib, har bir panorama muzeydagi muayyan zal, koridor yoki ekspozitsiya zonasiga mos keladi. Navigatsion qatlam panorama tugunlari orasidagi o‘tishlarni, foydalanuvchi qaysi nuqtadan qaysi nuqtaga teleportatsiya qilinishini va virtual harakat grafigini belgilaydi. Kontent qatlami esa eksponat tavsifi, audiogid, til parametrlari va hotspotlar bilan ishlaydi. Bunday yondashuv VR turni oddiy fotoalbom emas, boshqariladigan immersiv axborot muhiti sifatida tashkil etadi[5,6].

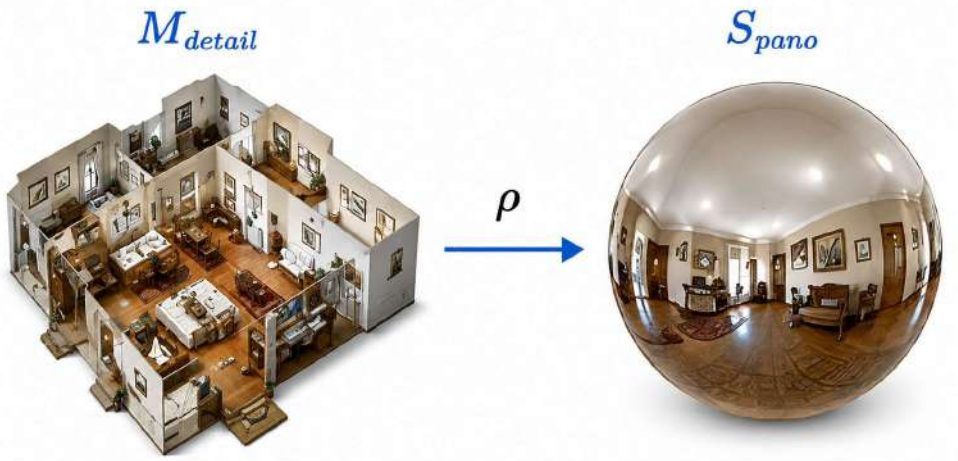
$$D_{\text{VR}} = \langle S_{\text{pano}}, N, H, T_{\text{VR}}, C, L \rangle \qquad (1)$$

Bu yerda S_{pano} - 360° sferik panoramalar to‘plami, N - panorama tugunlari, H - hotspotlar to‘plami, T_{VR} - VR-triggerlar va teleportatsiya o‘tishlari, C - multimodal kontentlar, L esa tillar to‘plamini bildiradi. Ushbu model AR va VR rejimlarida bir xil kontent qatlamidan foydalanish imkonini beradi.

$$S_{\text{pano}} = \{S_1, S_2, \ldots, S_m\}, \qquad S_k = \langle I_k^{360}, r_k, z_k, \text{meta}_k \rangle \qquad (2)$$

Bu yerda I_k^{360} - k-panorama tasviri, r_k - panorama markazining muzey koordinata tizimidagi joylashuvi, z_k - tegishli zal yoki ekspozitsiya zonasi identifikatori, meta_k esa xona nomi va texnik parametrlarni ifodalaydi.

Demak, har bir panorama faqat tasvir emas, balki semantik va navigatsion atributlarga ega tugun sifatida qaraladi.



1-rasm. Detalli 3D modeldan 360° sferik panorama ko‘rinishini hosil qilish modeli

2. Sferik panorama va equirectangular proyeksiya

360° panoramali VR muhitning geometrik asosi sferik koordinatalar tizimiga tayanadi. Kamera markazi sferaning markazi sifatida olinadi, atrof muhit tasviri esa sferaning ichki sirtiga proyeksiyalangan deb qaraladi. Foydalanuvchi boshini, sichqonchani yoki sensorli ekran holatini o‘zgartirganda virtual kamera orientatsiyasi yangilanadi va sferaning mos qismi ko‘rish oynasiga tushadi[1,3].

ISSN 3030-3907

Sferik proyeksiyada uch o‘lchamli yo‘nalish gorizontal aylanish burchagi θ va vertikal ko‘tarilish burchagi φ orqali ifodalanadi.

Agar fazoviy yo‘nalish vektori $p = (x, y, z)$ bo‘lsa, burchak parametrlarini quyidagicha aniqlash mumkin:

$$\theta = \operatorname{atan2}(x, z), \qquad \varphi = \arcsin\left(\frac{y}{r}\right) \tag{3}$$

Equirectangular formatda sferadagi uzunlik va kenglik burchaklari to‘g‘ri to‘rtburchak tasvir koordinatalariga o‘tkaziladi. Agar panorama tasvirining o‘lchami W × H bo‘lsa, piksel koordinatalari quyidagicha aniqlanadi:

$$u = \frac{W(\theta+\pi)}{2\pi}, \quad v = \frac{H\left(\frac{\pi}{2}-\varphi\right)}{\pi} \tag{4}$$

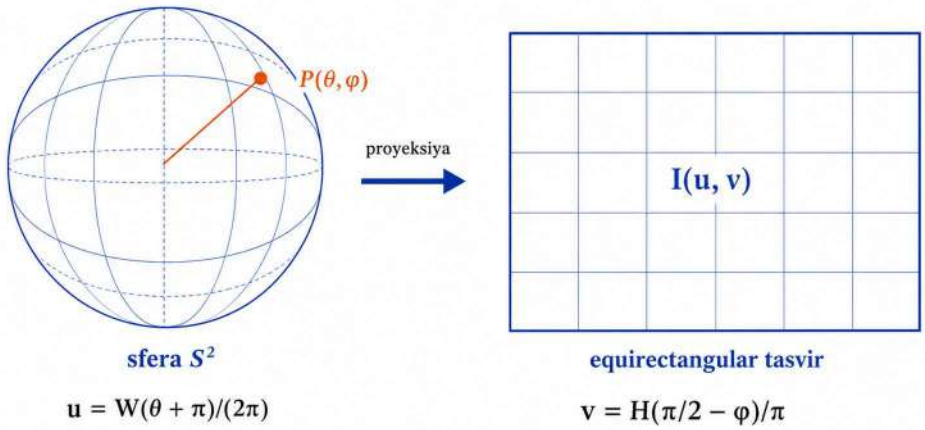
Aksincha, foydalanuvchi ekranda hotspotni tanlaganda yoki virtual kamera muayyan piksel yo‘nalishiga qaraganda, piksel koordinatalaridan sferik burchaklar tiklanadi:

$$\theta = \frac{2\pi u}{W} - \pi, \quad \varphi = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi v}{H} \tag{5}$$

Ushbu bog‘lanish VR muhitda hotspotlar joylashuvini aniq belgilash uchun muhimdir. Masalan, eksponat panorama tasvirining yuqori chap qismida joylashgan bo‘lsa, uning piksel koordinatasi sferik yo‘nalish vektori bilan bog‘lanadi va foydalanuvchi ayni yo‘nalishga qaraganda kontent paneli faollashadi.

$$d_i = (\cos\varphi_i \sin\theta_i,\ \sin\varphi_i,\ \cos\varphi_i \cos\theta_i)^T \tag{6}$$

Bu ifoda hotspotning birlik yo‘nalish vektorini beradi. Mazkur vektor panorama markazidan eksponat tomonga yo‘nalgan nurni bildiradi. VR muhitda real masofa bevosita o‘lchanmasa ham, bunday yo‘nalish modeli foydalanuvchi ko‘rish maydonida eksponatga mos kontentni to‘g‘ri joylashtirishga imkon beradi.



2-rasm. Sferik koordinatalar va equirectangular panorama tasviri orasidagi proyeksiya bog‘lanishi

3. Navigatsion graf va teleportatsiya modeli

ISSN 3030-3907

Virtual tur foydalanuvchining panorama ichida erkin aylanishi va zallar orasida boshqariladigan o‘tishini ta’minlashi kerak. Shu sababli har bir panorama alohida tugun, ularning orasidagi teleportatsiya imkoniyatlari esa qirra sifatida qaraladi. Bu yondashuv muzey xonalari o‘rtasidagi real fazoviy bog‘lanishlarni virtual sayohat ssenariysi bilan uyg‘unlashtirishga yordam beradi.

$$G_{\text{VR}} = (V_S, E_T) \tag{7}$$

bu yerda V_S – panorama tugunlari, E_T esa teleportatsiya qirralari to‘plamidir. Agar foydalanuvchi v_i panorama tugunidan v_j panorama tuguniga o‘ta olsa, u holda $(v_i, v_j) \in E_T$ bo‘ladi. Har bir qirra real muzey makonidagi eshik, koridor, zalga kirish nuqtasi yoki virtual ekskursiya ssenariysidagi mantiqiy o‘tishga mos keladi.

$$e_{ij} = \langle v_i, v_j, h_{ij}, w_{ij}, \text{type}_{ij} \rangle \tag{8}$$

(8) ifodada h_{ij} – teleport hotspot koordinatasi, w_{ij} – o‘tish og‘irligi yoki masofaviy baho, type_{ij} esa o‘tish turini bildiradi. Masalan, $\text{type}_{ij} = \text{door}$ bo‘lsa, panorama o‘tishi real eshik o‘rniga mos keladi; $\text{type}_{ij} = \text{exhibit}$ bo‘lsa, foydalanuvchi eksponatga yaqinroq ko‘rish nuqtasiga o‘tadi; $\text{type}_{ij} = \text{return}$ bo‘lsa, oldingi panorama tuguniga qaytish amalga oshiriladi.

VR virtual turda navigatsiya erkin bo‘lishi mumkin, biroq adabiy uy-muzeylar uchun sayohat mantiqini yo‘qotmaslik zarur. Shuning uchun marshrut tavsiya etiluvchi yo‘nalish va erkin ko‘rish rejimlari bilan birga beriladi. Tavsiya etiluvchi yo‘nalish foydalanuvchini adib hayoti, ijodi, memorial xonalar va asosiy eksponatlar bo‘yicha tartibli olib boradi; erkin rejim esa foydalanuvchiga o‘zi tanlagan zallar orasida harakatlanish imkonini beradi.

4. Hotspot va multimodal kontentni faollashtirish

VR muhitda hotspot tushunchasi AR rejimidagi fazoviy bog‘lanishning analogi hisoblanadi. Farqi shundaki, AR rejimida bog‘lanish real jahon koordinatasiga, VR rejimida esa panorama sferasidagi yo‘nalish yoki piksel koordinatasiga bog‘lanadi. Hotspot foydalanuvchi ko‘rish maydoniga tushganda, ustiga bosilganda yoki ma’lum vaqt davomida qarab turilganda kontent panelini ochishi mumkin.

$$h_i = \langle v_k, u_i, v_i, d_i, \alpha_i, c_i, \text{action}_i \rangle \tag{9}$$

bu yerda v_k – hotspot joylashgan panorama tuguni, (u_i, v_i) – equirectangular tasvirdagi piksel koordinatasi, d_i – sferik yo‘nalish vektori, α_i – faollashish burchagi, c_i – bog‘langan kontent, action_i esa foydalanuvchi harakati natijasida bajariladigan amalni bildiradi. action_i qiymati content, audio, teleport, zoom yoki back kabi turlarga ega bo‘lishi mumkin.

$$\text{angle}(d_{\text{view}}(t), d_i) = \arccos(d_{\text{view}}(t)^T d_i) \tag{10}$$

ISSN 3030-3907

Foydalanuvchining hozirgi ko‘rish yo‘nalishi $d_{\text{view}}(t)$ bilan hotspot yo‘nalishi d_i orasidagi burchak (10) formula orqali aniqlanadi. Shunga qaramay, kontent paneli har doim avtomatik ochilmasligi maqsadga muvofiq: tasodifiy faollashishlarni kamaytirish uchun foydalanuvchidan sensor ekran teginishi, sichqoncha bosishi yoki VR kursorni ma’lum vaqt ushlab turishi talab qilinadi.

Kontent paneli eksponat nomi, qisqa tavsif, audiogid tugmasi va til tanlash funksiyasidan iborat bo‘lishi mumkin. Natijada bitta eksponat bo‘yicha ma’lumot AR va VR muhitlari uchun alohida tayyorlanmaydi, balki yagona kontent modeli orqali ishlatiladi. Bu yondashuv adabiy uy-muzeylarda adib hayoti, asarlari, memorial buyumlar tarixi va ekspozitsiya kontekstini foydalanuvchiga tushunarli tarzda yetkazadi.

$$C_{\text{AR}} \cap C_{\text{VR}} \neq \varnothing \qquad (11)$$

Ushbu ifoda AR va VR rejimlarida umumiy kontent qatlamining mavjudligini bildiradi. Ya’ni asosiy eksponat tavsiflari, audiogidlar va til parametrlari ikkala rejimda ham bir xil ma’lumot bazasidan olinadi. Bu gibrid vizualizatsiya tizimining semantik izchilligini ta’minlaydi.

5. Virtual tur yaratish algoritmi

360° sferik panoramalar asosida VR virtual tur yaratish jarayoni bir nechta ketma-ket bosqichlardan iborat. Avvalo, muzey xonalari bo‘yicha panorama olish nuqtalari tanlanadi. Bu nuqtalar asosiy eksponatlar ko‘rinadigan, xonalar orasidagi o‘tishlar tushunarli va foydalanuvchining virtual harakati real muzey yo‘nalishiga mos bo‘ladigan tarzda belgilanadi.

Keyingi bosqichda olingan panorama tasvirlari tikiladi, to‘g‘rilanadi, ekspozitsiya va rang muvozanati bir xillashtiriladi hamda equirectangular formatga keltiriladi. So‘ng har bir panorama tuguni muzeyning semantik xaritasi bilan bog‘lanadi, teleport nuqtalari va eksponat hotspotlari belgilanadi. Yakunda VR interfeysda foydalanuvchining qarash yo‘nalishi, tanlash amali va kontent paneli ishlashi tekshiriladi[2,3].

1-jadval.

VR virtual tur yaratish bosqichlari va ularning algoritmik vazifalari

Bosqich	**Asosiy amal**	**Natija**	**Keyingi bog‘lanish**
Panorama olish	360° tasvirlarni yig‘ish	I_k^{360} tasvirlari	Sferik proyeksiya
Tugun yaratish	Panoramaga semantik atribut berish	S_k tuguni	G_VR grafigi

ISSN 3030-3907

Bosqich	Asosiy amal	Natija	Keyingi bog‘lanish
Hotspot belgilash	Eksponat va o‘tish nuqtalarini kiritish	H to‘plami	Kontent va teleport
Renderlash	Qarash yo‘nalishi bo‘yicha panorama fragmentini ko‘rsatish	VR kadr	Foydalanuvchi interfeysi
Sinxronlash	AR/VR kontent bazasini bog‘lash	Yagona C qatlami	Semantik graf modeli

6. MUHOKAMA.

360° panorama asosidagi VR tur 3D mesh sahnasiga nisbatan kamroq geometrik poligon talab qiladi, chunki asosiy vizual ma’lumot bitta tekstura sifatida sferaning ichki sirtiga joylashtiriladi. Shu sababli u hisoblash resurslari cheklangan mobil qurilmalarda ham nisbatan barqaror ishlashi mumkin. Biroq yuqori aniqlikdagi panorama teksturalari xotira sarfi va yuklanish vaqtini oshiradi. Shuning uchun panorama o‘lchami, siqish formati, LOD darajalari va hotspotlar soni qurilma imkoniyatlariga mos tanlanishi kerak[4,5].

Taklif etilgan modelning amaliy afzalligi shundaki, foydalanuvchi muzey ichki makonini masofadan turib ko‘radi, eksponatni joylashgan xona, devor, vitrina va boshqa obyektlar bilan birga qabul qiladi. Bu adabiy merosni alohida rasm yoki matn shaklida emas, balki fazoviy kontekstda tushuntirish imkonini beradi. Bundan tashqari, hotspot va audiogid mexanizmlari sayohat ssenariysini multimodal shaklda boyitadi.

Panorama asosidagi VR yondashuvning ayrim cheklovlari ham mavjud: u to‘liq 3D geometriyani bermaydi va foydalanuvchi xonada istalgan nuqtaga erkin siljiy olmaydi. Harakat oldindan belgilangan panorama tugunlari orasida bajariladi. Shu bois 3D mesh yoki dollhouse-vizualizatsiya modeli muzey makonining umumiy geometrik ko‘rinishini, 360° panorama esa xona ichidagi immersiv ko‘rish tajribasini ta’minlaydi. Ikkala yondashuv birgalikda qo‘llanganda adabiy uy-muzeyning ham geometrik, ham vizual jihatdan to‘liqroq raqamli ifodasi hosil bo‘ladi[7].

XULOSA.

Maqolada adabiy uy-muzeylar uchun 360° sferik panoramalar asosida VR virtual tur yaratish modeli ishlab chiqildi. Virtual tur vizual, navigatsion va multimodal kontent qatlamlaridan iborat tizim sifatida talqin qilindi. Sferik panorama va equirectangular proyeksiya orasidagi matematik bog‘lanish,

ISSN 3030-3907

panorama tugunlari orasidagi navigatsion graf, teleportatsiya qirralari va hotspotlarni faollashtirish modeli formal ko‘rinishda ifodalandi.

Taklif etilgan yondashuv real muzeyga bormagan foydalanuvchiga xonalar bo‘ylab virtual harakatlanish, eksponatlarni fazoviy kontekstda ko‘rish hamda matnli va audio ma’lumotlardan foydalanish imkonini beradi. Shuningdek, yagona kontent qatlami AR va VR rejimlari o‘rtasidagi semantik izchillikni saqlaydi.

Natijada madaniy meros obyektlarini raqamli saqlash, interaktiv taqdim etish va mobil platformalarda qo‘llash uchun samarali model shakllanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. 2nd ed. Springer, 2022.
2. Brown M., Lowe D.G. Automatic panoramic image stitching using invariant features. International Journal of Computer Vision, 2007.
3. Shum H.-Y., Szeliski R. Construction of panoramic image mosaics with global and local alignment. International Journal of Computer Vision, 2000.
4. Burdea G.C., Coiffet P. Virtual Reality Technology. Wiley, 2003.
5. Sherman W.R., Craig A.B. Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design. Morgan Kaufmann, 2018.
6. Milgram P., Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE Transactions on Information and Systems, 1994.
7. Remondino F., El-Hakim S. Image-based 3D modelling: a review. The Photogrammetric Record, 2006.

ISSN 3030-3907