

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI  
HUZURIDAGI ILMY DARAJALAR BERUVCHI  
DSc.13/30.12.2019.T.07.01 RAQAMLI ILMY KENGASH**

---

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

**GIYOSOV ULUG‘BEK ESHPULATOVICH**

**VIRTUAL UNIVERSITET TASHKIL QILISHDA 3D MODELLARINI  
YARATISH VA DASTURIY VOSITASINI ISHLAB CHIQISH**

05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining matematik va dasturiy ta’minoti

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2023**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi  
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)  
по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD)  
on technical sciences**

**Giyosov Ulug'bek Eshpulatovich**

Virtual universitet tashkil qilishda 3D modellarini yaratish va dasturiy vositasini ishlab chiqish..... 5

**Гиёсов Улугбек Эшпулатович**

Создание 3D моделей и разработка программного инструмента для создания виртуального университета..... 21

**Giyosov Ulugbek Eshpulatovich**

Creating 3D models and developing a software tool for creating a virtual university..... 39

**E'lon qilingan ishlar ro'yxati**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 43

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**  
**HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR BERUVCHI**  
**DSc.13/30.12.2019.T.07.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

---

**TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI**

**GIYOSOV ULUG‘BEK ESHPULATOVICH**

**VIRTUAL UNIVERSITET TASHKIL QILISHDA 3D MODELLARINI**  
**YARATISH VA DASTURIY VOSITASINI ISHLAB CHIQISH**

05.01.04 – Hisoblash mashinalari, majmualari va kompyuter tarmoqlarining  
matematik va dasturiy ta’minoti

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)**  
**DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Toshkent – 2023**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.3.PhD/T3082 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Toshkent axborot texnologiyalari universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) va «Ziyonet» Axborot ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:** **Nuraliyev Faxriddin Murodillayevich**  
texnika fanlari doktori, dotsent

**Rasmiy opponentlar:** **Kabulov Anvar Vasilovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Samandarov Batirbek Satimovich**  
texnika fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent

**Yetakchi tashkilot:** **Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti huzuridagi DSc.13/30.12.2019.T.07.01 raqamli Ilmiy kengashning 2023-yil «17» mart soat 14:00 dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (99871) 238-64-43, e-mail: [iktuit@tuit.uz](mailto:iktuit@tuit.uz)).

Dissertatsiya bilan Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (269 raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100084, Toshkent shahri, Amir Temur ko'chasi, 108-uy. Tel.: (99871) 238-64-70).

Dissertatsiya avtoreferati 2023-yil «01» mart kuni tarqatildi.  
(2023-yil «10» fevral dagi 7 raqamli reestr bayonnomasi).



**M.M.Musayev**  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, texnika fanlari doktori, professor

**N.O.Raximov**  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash ilmiy kotibi, texnika fanlari doktori, dotsent

**X.N.Zaynidinov**  
Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash huzuridagi ilmiy seminar raisi, texnika fanlari doktori, professor

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda rivojlanib borayotgan virtual reallik texnologiyalari va muhitlari jamiyatning turli sohalari bilan o'zaro innovatsion texnik integratsiyalanishi, jumladan sanoat, tibbiyot, turizm, harbiy sohada, kino va televideniya, qolaversa ta'lim sohasida ham qo'llash muhim masalalardan biridir. Shu jihatdan ma'lum sohalarda ta'lim oluvchilarning bilim faolligini oshirish, 3D texnologiyalar va virtual reallik muhitlaridan kengroq foydalanish, an'anaviy o'qitish muhitidan virtual 3D o'qitish muhitiga o'tish usul va vositalarni ishlab chiqishga katta e'tibor qaratilmoqda. Mazkur sohada dunyoning rivojlangan mamlakatlarida, jumladan, Norvegiya, AQSH, Germaniya, Yaponiya, Janubiy Korea, Rossiya Federatsiyasi, Xitoy va boshqa davlatlarda uch o'lchovli virtual universitet platformalarini yaratish, virtual universitetni tashkil qilishda uch o'lchovli modellari hamda virtual uch o'lchovli obyektlarni eksteryer modellarini vizuallashtirish va dasturiy vositalarini ishlab chiqishning nazariy hamda amaliy masalalarini yechishga katta e'tibor qaratilmoqda.

Jahonda virtual universitetning uch o'lchovli muhitini tashkil qilgan Oliy ta'lim muassasa (OTM)larida virtual ishtirokchilar soni bir yilga bir necha millionlarni tashkil etmoqda. Buning sababi shuki, ta'lim muassasalarida an'anaviy usulda bilim olishga nisbatan masofadan turib virtual bilim olish foydalanuvchilar uchun ham qulay, ham arzon, eng asosiysi foydalanuvchilar o'zlariga ma'qul bo'ladigan vaqtlarda virtual simulyatsiya va virtual trenajyor mashg'ulotlar yordamida yagona virtual reallik dasturiy vositasida bilim olishlariga imkon beradi. Zamonaviy ta'lim tizimi talablariga javob beradigan ta'lim sohasida virtual reallik (VR) elementlarini qo'llash instrumental vositalari, texnologiyalari, virtual muhitni tashkil qilishda ma'lumotlar bazasi bo'yicha munosabatlarining relyatsion algebra ifodalarini qurish usullari, uch o'lchovli virtual universitet dasturiy vositalarini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borish muhim vazifalardan hisoblanadi.

Respublikamizning ta'lim sohasi hududlarida virtual reallik muhitlarini joriy qilish, uch o'lchovli va virtual elektron formatdagi o'quv kontentlarini namoyish etish, tajriba va bilim almashish uchun raqamli dasturiy vositasini takomillashtirish, OTMlarining milliy virtual muhitini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Xususan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «Raqamli O'zbekiston–2030» strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risidagi farmonida, jumladan «... iqtisodiyot tarmoqlarida virtual va to'ldirilgan reallik, sun'iy intellekt, kriptografiya, mashina o'rganishi, katta ma'lumotlarni tahlil qilish va «bulutli» hisoblash texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlarini o'rganish va ularni amaliyotga tatbiq etish», «...axborot texnologiyalari sohasida masofaviy, onlayn va virtual o'qitish texnologiyalarini joriy etish va rivojlantirish, onlayn kurslar uchun platformalar ishlab chiqish», «...raqamli texnologiyalar sohasida ilmiy-tadqiqot ishlarini rivojlantirish va rag'batlantirish, ularning tashkiliy mexanizmlarini takomillashtirish...» kabi bir qator vazifalar belgilangan. Shunga ko'ra, hozirgi kunda texnika va texnologiya jadal rivojlangani sari virtual olamdan foydalanish

juda ko'pchilikda katta qiziqishga sabab bo'lmoqda. Pandemiya sababli onlayn o'qitishda o'quv binosidan tashqari sharoitda ta'limiy maqsadlarda VR vositalarini qo'llab o'qitishga bo'lgan talab oshdi va ushbu tipdagi virtual muhitlarni avtomatlashtiruvchi dasturiy vositalarini ishlab chiqish muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi «Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi» to'g'risidagi PF-60-son Farmonidagi «AKT sohasida milliy mahsulot yaratish tizimini rag'batlantirish va qo'llab-quvvatlashning samarali mexanizmlarini ishlab chiqish...», O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 29-oktyabrdagi PF-6097-son «Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida»gi Farmoni, O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2021-yil 3-apreldagi 172-son «Xalqaro taraqqiyot uyushmasi ishtirokida O'zbekiston milliy innovatsion tizimini modernizatsiya qilish loyihasini amalga oshirish chora-tadbirlari» to'g'risidagi Qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya ishi ma'lum bir ma'noda xizmat qiladi.

**Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga mosligi.** Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining IV. «Axborotlashtirish va axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini rivojlantirish» ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Virtual olamda virtual elektron resurslardan foydalanish, 3D texnologiyalarga asoslangan virtual elektron formatdagi materiallarni ta'lim jarayonidagi o'rni, qiymati, yetarlilik darajasi, ta'lim tizimida virtual reallik elementlarini qo'llash, ta'limda VR muhitlarni qo'llash tizimlari (Second Life, vAcademia, Virbela va boshqalar), virtual muhitlarni ishlab chiqish va ularni amaliyotga joriy etish bo'yicha xorijiy olimlardan S. Hale, R.Ziatdinov, M. Fominykh, M.LaValle, F. Ramos, J. Seokhee, G. Henke, I.T. Sheiko, Bin Chen, C.Levi, D.Yen, M. Melzer, O.Yoshihiro, J. Robert, M.Morozov, A.Gerasimov, P.Forland, A. V. Mezhenin va boshqalarning ilmiy ishlari diqqatga sazovordir.

Respublikamizda ta'lim tizimida virtual reallik elementlarini qo'llash, virtual muhit uchun obyektlarning 3D modellarini vizuallashtirishni usul va algoritmlarini qo'llash, virtual universitet o'quv jarayonini avtomatlashtirishning dasturiy axborot tizimi bo'yicha ilmiy tadqiqotlar, asosan T.F. Bekmuratov, A.X.Nishanov, B.B.Mo'minov, N.O.Raximov, R.D.Aloev, U.R.Xamdamov, F.M.Nuraliev, M.Artikova, V.S. Hamidov va boshqalar o'zlarining hissalarini qo'shib kelmoqdalar.

Hozirgi kunda virtual olamdagi dolzarb muammolardan biri foydalanuvchilar virtual muhitda o'quv jarayonini tashkil qilish 3D modellarini yaratish va dasturiy vositasini ishlab chiqish, internet orqali virtual muhitlarga onlayn ishtirok etish, foydalanuvchilar bir-biri bilan virtual muhitda ma'lumot almashishi, foydalanuvchilar o'rtasida virtual muhitda onlayn sinxronizatsiya qilish hozirgi kunda yetarli darajada o'rganilmagan.

**Dissertatsiya tadqiqotining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining F3-2019081212 «O'zbek 3D naqshlarida murakkab eksteryer, interyer tuzilishlarni bayon etishni geometrik modellashtirish texnologiyasini ishlab chiqarish» (2020-2021), IL-47-21071198 «3D texnologiyalar asosida axborot texnologiyalari bo'yicha milliy virtual universitet yaratish» (2022-2023) innovatsion loyihalari doirasida olib borildi.

**Tadqiqotning maqsadi** virtual universitet tashkil qilishda eksteryer va interyer obyektlar 3D modellarini tasvirlash va vizuallashtirishni shakllantiruvchi algoritmlari va virtual universitet tashkil qilishda 3D modellarini yaratish dasturiy vositasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

virtual universitet muhitida obyektlarning 3D modellarini loyihalashning funksional IDEF modeli va algoritmini ishlab chiqish;

yaratilgan 3D modellarini materiallar, teksturalar, poligonlari va hajmini, fayl formatini virtual universitet muhiti qabul qiladigan shaklga keltirish;

virtual borliqda universitet muhiti uchun uch o'lchovli obyekt ma'lumotlarini eksportini ta'minlovchi qo'shimcha dasturiy modulini ishlab chiqish;

virtual muhitlar uchun obyektlarning 2D/3D modellarini xususan eksteryer va interyer obyektlarning 3D modellarni loyihalash, uch o'lchovli obyektlarning modellarini grafik ma'lumotlar bazasining strukturasi ishlab chiqish;

vAcademia muhiti uchun milliy obyektlarning 3D modellari asosida virtual ta'lim muhitini dasturiy ta'minotini mantiqiy funksional tuzilmasini loyihalashtirish.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida zamonaviy virtual muhitlarida virtual universitet tashkil qilishda 3D modellarini yaratish va dasturiy vositasini ishlab chiqish jarayonlari qaralgan.

**Tadqiqotning predmeti** virtual muhitlarda obyektlarning 3D modellarini geometrik modellashtirish, vizuallashtirishning usullari hamda dasturiy vositalari tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Tadqiqot jarayonida virtual uch o'lchovli obyektlarni interyer va eksteryer modellari orqali vizuallashtirish qoidalari, vizuallashtirish nazariyasi, relyatsion algebra ifodalari, diskret matematika, virtual uch o'lchovli obyektlarni eksteryer modellarini vizuallashtirish usullari, virtual reallik algoritmlarini ta'limda qo'llash usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

virtual muhitga BMF (Basic Model Format) formati asosida 3D modellarini eksport qilish dasturiy vosita plagini ishlab chiqilgan;

virtual universitet muhitida eksteryer va interyer milliy obyektlarning 3D modellari asosida grafik ma'lumotlar bazasini loyihalashning funksional IDEF1x modeli ishlab chiqilgan;

virtual muhitida ikki va uch o'lchovli primitivlarni tasvirlash usullari asosida virtual ko'rgazma va universitet 2D/3D vizuallashtirish modellari ishlab chiqilgan;

vAcademia tizimida milliy obyektlar 3D modellari asosida virtual muhitini loyihalash dasturiy vositasining mantiqiy funksional tuzilmasi loyihalashtirilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat: vizual jarayonlarni funksional bog‘liqlik ER (Entity Relationship) munosabati modellari, grafik ma’lumotlar strukturasi relyatsion munosabatni tashkil qiluvchi modellari, virtual universitet uchun virtual muhitlarni yaratishning funksional tuzilmasi va dasturiy vositasi asosida ta’lim muassasalarida o‘qitishni zamonaviy virtual 3D muhitlarda bilim oluvchilarning faolligini oshirishga mo‘ljallangan va bu orqali zamonaviy milliy landshaft dizayn asosida loyihalashtirilgan virtual uch o‘lchovli muhitda o‘qitish jarayoniga ko‘maklashuvchi o‘zbek tilidagi “vacademia.uz” dasturiy vositasi ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi** virtual universitet uchun virtual muhitlarni yaratishda 3D modellarini loyihalashtirish dasturiy vositasi, sinovdan o‘tkazish, joriy etish, statistik ma’lumotlarning solishtirish natijalari, matematik ta’minotining to‘g‘ri qo‘llanilishi va tajribaviy tadqiqotlardagi ijobiy natijalarga mutanosibli bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati virtual universitet uchun virtual muhitlarni yaratishning funksional tuzilmasi hamda milliy obyektlarning 3D modellari asosida grafik ma’lumotlar bazasini loyihalashning funksional IDEF1x modeli ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati virtual muhit uchun yangi foydalanuvchi huquqlari (rollari)ning ER diagrammasi, virtual universitet muhitini tashkil qilish 3D modellarini yaratish va vizuallashtirilgan uch o‘lchovli modellarni maxsus plugin yordamida virtual olam muhitiga joylashtirish uchun dasturiy vosita plagini ishlab chiqilganligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Virtual universitet muhitini tashkil qilish va 3D modellarini yaratish masalasini yechish bilan bog‘liq bo‘lgan ilmiy natijalarga asoslanib:

virtual borliq muhitida uch o‘lchovli primitivlar asosida virtual ko‘rgazma va milliy universitet 2D/3D vizuallashtirish modellari asosida ishlab chiqilgan dasturiy vositasi O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi faoliyatiga «II Toshkent xalqaro kitob ko‘rgazma-yarmarkasi-2020» virtual muhitda o‘tkazish maqsadida tadbiq qilingan (O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligining 14.11.2022 yil №11-4830-son ma’lumotnomasi). Natijada xalqaro darajadagi virtual ko‘rgazmalar o‘tkazishda qulay va samaralidir, virtual muhitdagi foydalanuvchilarni mashg‘ulotga qiziquvchanlik qobiliyatini oshirishga imkon bergan;

virtual borliq ta’lim muhitida eksteryer va interyer obyektlarning 3D modellari asosida grafik ma’lumotlar bazasini axborot IDEF1x modeli uchun dasturiy vositani ma’lumotlar bazasini ishlab chiqish algoritmi va matematik ta’minoti «UCHDAVR» MCHJ ta’lim sohasi uchun virtual muhitlarni yaratish kompaniyasi ishlari jarayoniga joriy qilingan (O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar

agentligining 14.11.2022 yil №11-4830-son ma'lumotnomasi). Natijada ish unumdorligini 10-13% ga oshirishga hamda uch o'lchovli obyektini fazoda tasvirlash tezligi 4 martagacha oshirish imkonini bergan;

vAcademia tizimida milliy obyektlar 3D modellari asosida virtual muhitini loyihalash dasturiy vositasining tarkibiy tuzilmasi takomillashtirilgan milliy virtual muhiti Rossiya Federatsiyasining «Виртуальные пространства» МСНJga joriy qilingan (O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligining 14.11.2022 yil №11-4830-son ma'lumotnomasi). Natijada bir xil qiymat darajasidagi Intel protsessorli va Nvidia, ATI grafik adapterlariga ega bo'lgan 20 ta apparat konfiguratsiyasidagi tizimlarda har bir tasvir o'lchami uchun 10 martadan ishga tushirilib, so'ngra oqim protsessorlaridan (OP) foydalanishda erishilgan yaxshilanish OPning eng yuqori ko'rsatkichlarining markaziy protsessorning (MP) eng yuqori ko'rsatkichlariga nisbati 2 martadan ko'p bo'lmagan farq qilish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprotatsiyasi.** Mazkur tadqiqot natijalari 3 ta xalqaro va 6 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Tadqiqot mavzusi bo'yicha jami 28 ta ilmiy ish chop etilgan bo'lib, jumladan, O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya Komissiyasining dissertatsiyalar asosiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 10 ta maqola, shulardan, 6 tasi respublika va 4 tasi xorijiy jurnallarda nashr qilingan, hamda 2 ta EHM uchun yaratilgan dasturiy vositalarni qayd qilish guvohnomalari olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiya ishi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning umumiy hajmi 120 betni tashkil etadi.

## **DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI**

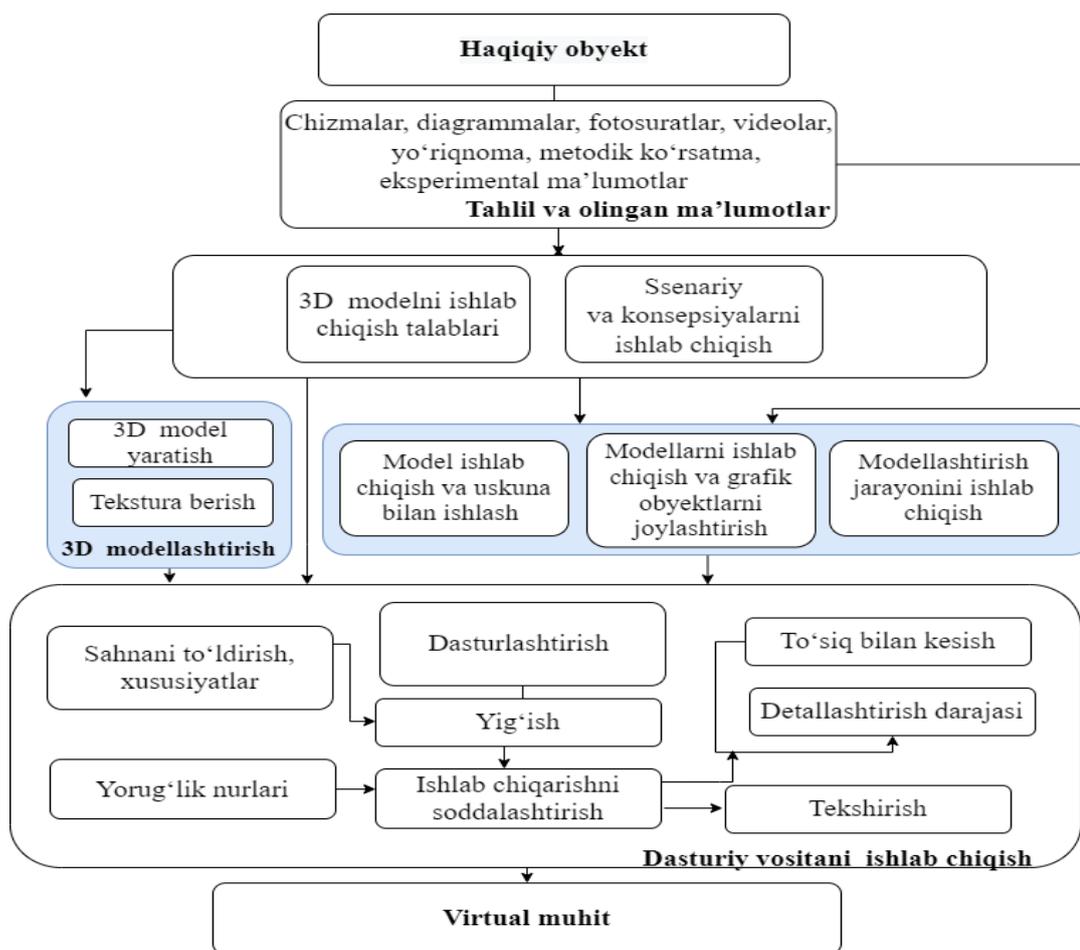
**Kirish** qismida dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalar taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning maqsad va vazifalari belgilab olingan hamda tadqiqot obyekti va predmeti aniqlangan, olingan natijalarning ishonchliligi asoslab berilgan, ularning nazariy va amaliy ahamiyati, tadqiqot natijalarini amalda joriy qilish holati, nashr etilgan ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «Zamonaviy virtual muhitlar tahlili va ularni virtual ta'lim tizimida qo'llash» deb nomlangan birinchi bobi uchta paragrafdan iboratdir. Ushbu bob virtual muhitning asosiy tushunchalari, virtual ta'lim muhitlarini qo'llash usullarining hozirgi holati va ularni qo'llanilish sohalarini o'rganishga bag'ishlangan bo'lib, virtual muhitning paydo bo'lish tarixi, virtual muhitlarning ta'riflari, virtual muhitlarga aloqador bo'lgan umumiy tushunchalar bayon etiladi. Ikkinchi paragrafda virtual muhitlarda o'quv jarayonini tashkil qilish metodologiyalarini qo'llash talablari va ishlab chiqish uslublari, ta'lim jarayonida foydalaniladigan virtual universitet muhitlari, ularning imkoniyatlari, yutuq va kamchiliklari virtual muhitning asosiy tushunchalari, virtual ta'lim muhitlarini

qo'llash usullarining hozirgi holati va ularni qo'llanilish sohalarini virtual muhitning paydo bo'lish bosqichlari afzalligi va kamchiligiga ko'ra tahlil qilingan. Uchinchi paragrafda virtual reallikda virtual ta'lim 3D muhitlarni qurish masalasini qo'yilishi hamda birinchi bob bo'yicha xulosalar keltirilgan.

Dissertatsiyaning «**Virtual muhitni qurishning uch o'lchovli modellarini ishlab chiqish jarayonlari**» deb nomlangan ikkinchi bobi uchta paragrafdan iboratdir. Ushbu bob obyektlarning 3D modellarini yaratishda eng ko'p qo'llaniladigan ikkita yondashuv mavjudir. Bular poligonal modellashtirish va splayn modellashtirishdir. Ikkala variant ham yuqori sifatli 3D modellarni yaratishga imkon beradi. Bular poligonal modellashtirish va splayn modellashtirishdir. Uch o'lchovli obyektlarini splayn funksiyasi usuli yordamida geometrik modellarini ishlab chiqish usulidan foydalanadigan bo'lsak uch o'lchovli obyektning kompyuterda namoyish etish vaqti sezilarli darajada qisqardi va vaqtinchalik xotirada modelni tasvirlash uchun xotira hajmi tejalishi kabi ishlar bayon etilgan.

2.1- paragrafda fazoviy shakllarni tasvirlash va vizuallashtirishni o'z ichiga oladi, VR muhitida foydalanish uchun obyektlarning 3D modellarini ishlab chiqish texnologiyasi quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi (1-rasm).



**1-rasm. Virtual muhitlar uchun obyektlarning 3D modellarini ishlab chiqish texnologiyasining tuzilishi**

2.2-paragrafda relyatsion modelda relyatsion algebra amallaridan foydalanilgan holda amallar bajarish, relyatsion algebra munosabatlardan ketma-ket foydalanish va virtual muhitni tashkil qilishda ma'lumotlar bazasi bo'yicha munosabatlarini qurish usullarini ishlab chiqish ko'rsatib o'tilgan.

Virtual muhitni tashkil qilishda ma'lumotlar bazasi bo'yicha munosabatlar ustida an'anaviy amallar birlashma (union  $\cup$ ), kesishma (intersection  $\cap$ ), ayirma (Set difference  $-$ ), dekart ko'paytirish (Cartesian product  $\times$ ). Ikkinchi guruh esa maxsus relyatsion amallardan tanlash yoki cheklov (selection  $\sigma$ ), proyeksiya lash (projection  $\Pi$ ) bajariluvchi ketma-ketlik qurish algoritmlari ishlab chiqildi.

*Proyeksiyalash (Vertikal qism to'plam - projection  $\Pi$ )*. Ushbu amalda T - atributlar to'plami,  $r[T]$  - T atributga mos keluvchi P munosabatning kortejlari bo'lsa, u holda ushbu P munosabatni T ga proyeksiyalash quyidagicha bo'ladi (1).

$$P[T] = \{r[T] \mid r \in P\} \quad (1)$$

Proyeksiyalashda berilgan munosabatdagi ba'zi kortejlarni chiqarib tashlash orqali, qolgan kortejlardan yangi munosabat hosil qilinadi. P munosabatga proyeksiyalash tatbiq etilganda, ushbu munosabattan ba'zi bir komponentalar olib tashlanib, qolganlari qaytadan tartiblanadi. Proyeksiyalash munosabattan kerakli ustunlarni chiqarish amali hisoblanadi (1-3-jadvallar).

### 1-jadval.

*objects\_map (Obyektlar to'plami)*

type	res	Name	level
2	squb\squb_inoplanet_gump\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_gump	2
0	squb\squb_inoplanet_gump3\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_gump3	7
0	squb\squb_inoplanet_gump3\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_gump2	0
2	squb\squb_inoplanet_gump\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_lol01	4

### 2-jadval.

*atributlarni proyeksiyalash (SELECT DISTINCT type, res FROM objects\_map)*

type	res	name	level
2	squb\squb_inoplanet_gump\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_gump	2
0	squb\squb_inoplanet_gump3\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_gump3	7

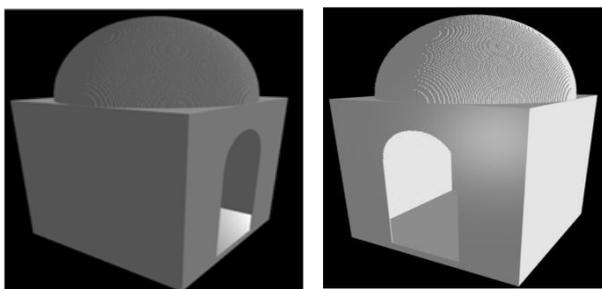
2.3-paragrafda R-funksiya (RFM)dan foydalangan holda uch o'lchovli obyektzni vizuallashtirishda soddalashtirilgan holati, umumiy 3D obyekt geometrik primitivlarni konstruktiv kombinatsiyalari usullaridan foydalanilgan.

Bunda (1) birlashtirilgan umumiy formula:

$$\omega_{R1} = \omega_{1,3} \wedge_0 \overline{\omega_{4,6}} \wedge_0 (\overline{\omega_{7,10}}) \vee_0 (\omega_{11,12}) \quad (1)$$

*Bunda:*

$$\begin{aligned}
 f_1 &= a^2 - x^2 \geq 0, f_2 = b^2 - y^2 \geq 0, f_3 = c^2 - z^2 \geq 0. \\
 \omega_{1,3} &= f_1 \wedge_0 f_2 \wedge_0 f_3; \\
 f_4 &= (a - n)^2 - x^2 \geq 0, f_5 = (b - n)^2 - y^2 \geq 0, f_6 = (c - n)^2 - z^2 \geq 0. \\
 \omega_{4,6} &= f_4 \wedge_0 f_5 \wedge_0 f_6; \\
 f_7 &= \left(\frac{a}{3}\right)^2 - x^2 \geq 0, f_8 = \left(\frac{b}{2}\right)^2 - \left(y - \frac{b}{4}\right)^2 \geq 0, \\
 f_9 &= n^2 - (z - (c - n))^2 - y^2 - x^2 \geq 0 \\
 \omega_{7,10} &= f_7 \wedge_0 f_8 \wedge_0 f_9 \wedge_0 f_{10}; \\
 f_{11} &= R^2 - x^2 - (y + R)^2 - z^2, f_{12} = (R - n)^2 - x^2 - (y + R)^2 - z^2, \\
 \omega_{11,12} &= f_{11} \wedge_0 \overline{(f_{12})}
 \end{aligned}$$

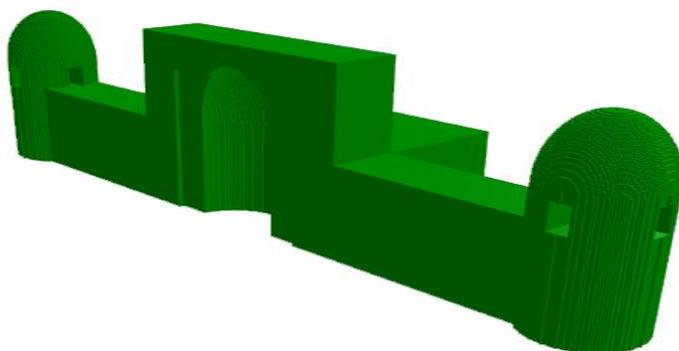


## 2-rasm. R-funksiya (RFM) asosida sodda uch o'lovli obyektни qurish

Dastlab V.L.Rvachevning R-funksiya usulidan foydalanib murakkab uch o'lovli obyektни vizuallashtirish tenglamasi ishlab chiqildi:

$$\begin{aligned}
 \omega_{R2} &= (\omega_1 \wedge_0 \overline{(\omega_{10})}) \wedge_0 (\overline{\omega_5 \wedge_0 \omega_{12}}) \vee_0 \omega_4 \vee_0 \omega_2 \vee_0 \omega_3 \vee_0 \omega_6 \vee_0 \omega_{16} \vee_0 \omega_7 \vee_0, \\
 &\omega_{20} \wedge \overline{\omega_8 \vee_0 \omega_9} \wedge \overline{\omega_{11} \vee_0 \omega_{12}}
 \end{aligned} \tag{2}$$

Bunda (2) formulada umumiy 3D obyekt quyidagi primitivlarni konstruktiv kombinatsiyalaridan iborat: 1. To'g'ri burchakli parallelepiped 2. Silindr 3. Ellips.



## 3-rasm. R-funksiya (RFM)dan foydalangan holda murakkab uch o'lovli obyektни vizuallashtirishda soddalashtirilmagan holati

Yuqoridagi tahlil va natijalar asosida V.L.Rvachevning R-funksiya (RFM) usulidan foydalanib murakkab uch o'lovli obyektни (3) vizuallashtirishda soddalashtirilgan tenglamasi ishlab chiqildi:

$$\omega_{RU} = \omega_{Ra} \vee_0 \omega_{Rhl} \vee_0 \omega_{Rhr} \vee_0 \omega_{Rml} \vee_0 \omega_{Rmr} \tag{3}$$

Bunda:

$$f_1 = (a - w)^2 - (x - a_1)^2 \geq 0, \quad f_2 \equiv (b - w)^2 - (y - b_1)^2 \geq 0,$$

$$f_3 = (c - w)^2 - (z - c_1)^2 \geq 0.$$

$$\omega_k = f_1 \wedge_0 f_2 \wedge_0 f_3$$

$$\omega_{ys} = f_4 \wedge_0 f_5 \wedge_0 f_6 \wedge_0 f_7$$

$$f_4 = (R - w)^2 - (x - a)^2 - (z - c)^2 \geq 0, \quad f_5 \equiv (b - y) \geq 0,$$

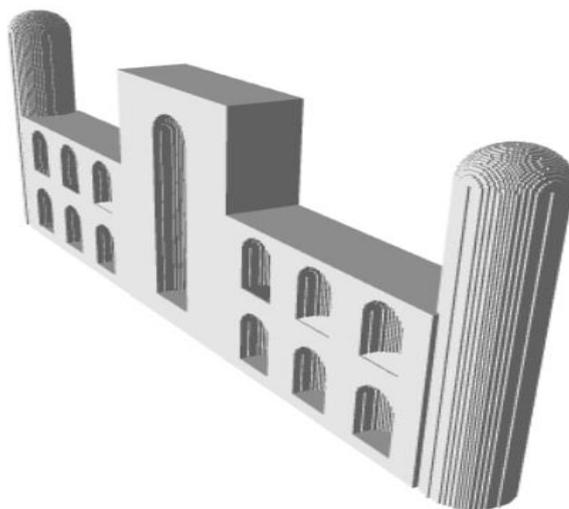
$$f_6 = -z + c_1 \geq 0,$$

$$f_7 = y + b_1 \geq 0, \quad f_8 \equiv (x - a)^2 + (y - b)^2 + (z - c)^2 - R^2 \leq 0,$$

$$f_9 = -z + c_1 \geq 0, \quad f_{10} \equiv y - b \geq 0,$$

$$f_{11} = (x - a)^2 + (y - b)^2 + (z - c)^2 - (R - w)^2 \leq 0,$$

$$\omega_{ysh} = f_8 \wedge_0 f_9 \wedge_0 f_{10} \wedge_0 f_{11}$$



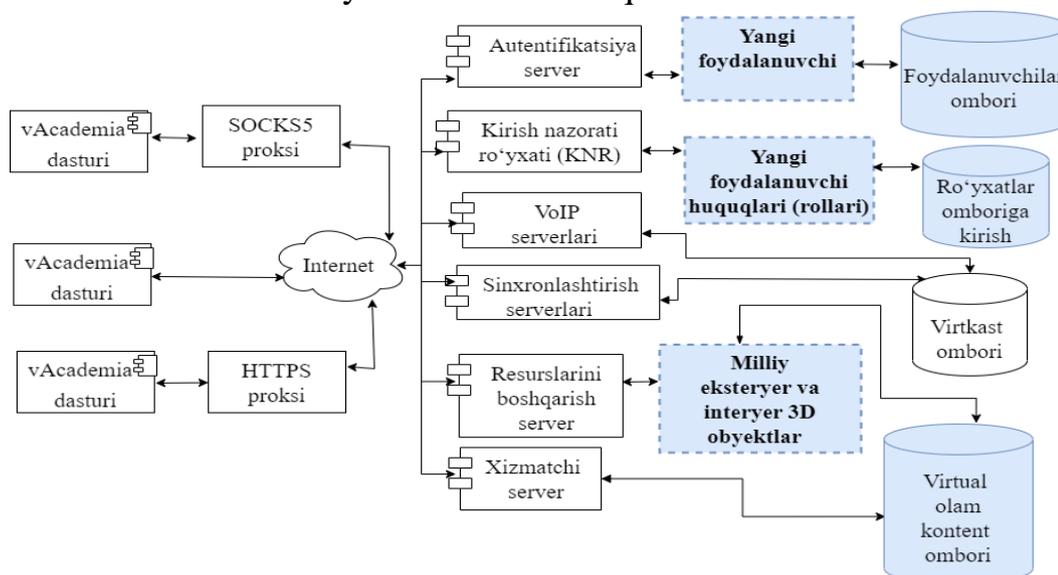
#### **4-rasm. R-funksiya (RFM) foydalangan holda murakkab uch o‘lchovli obyektни vizuallashtirishda soddalashtirilgan holati**

Bunda umumiy (3) 3D obyekt quyidagi primitivlarni konstruktiv kombinatsiyalaridan iborat: 1. To‘g‘ri burchakli parallelepiped 2. Silindr, 3.Sfera. Yuqoridagi 2-rasm va 3-rasm modellarni koordinatasiz loyihalashtirganimizda modelni chizish vaqti ortadi va vaqtinchalik xotira hajmi ortadi. Tadqiqotni amalga oshirishdan olingan asosiy natijalar asosida uch o‘lchovli modelni chizish uchun koordinatlarni alohida faylga saqlab so‘ngra uni chizish ancha samarali bo‘ladi (4-rasm). R-funksiya usuli (RFM) yordamida chizilgan 3D obyektlar Core i3 va undan yuqori konfiguratsiyali kompyuterlarning parametrlariga bog‘liqdir. Buning natijasida modellarni loyihalashtirishda uch o‘lchovli obyektни kompyuterda namoyish etish vaqti sezilarli darajada qisqardi va vaqtinchalik xotirada modelni tasvirlash uchun xotira hajmi tejaldi.

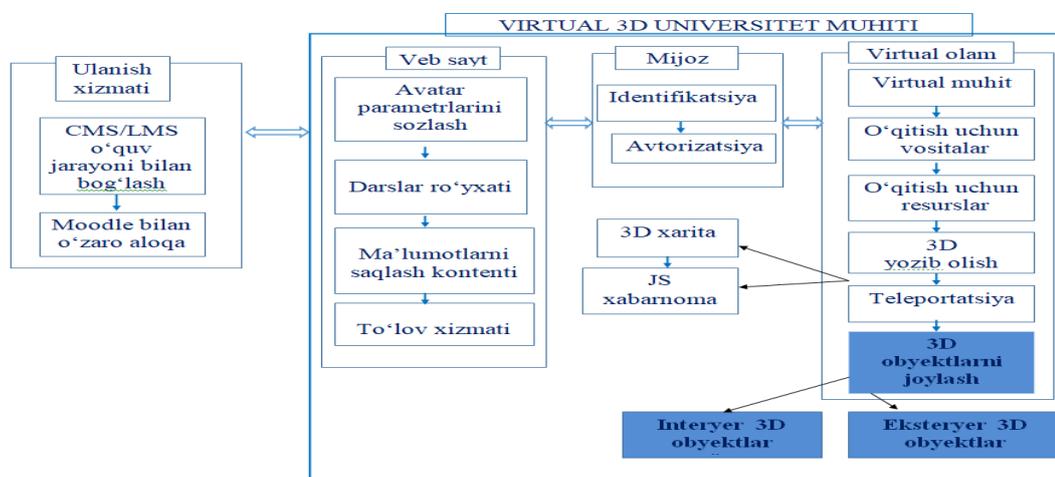
Dissertatsiyaning «**Virtual 3D universitet muhitini funksional tuzilmalari va unga uch o‘lchovli obyektlarni integratsiyalash usullari**» deb nomlangan uchinchi bobi uchta paragrafdan iboratdir. Ushbu bobda SQL skriptlar va ularning atributlari, virtual uch o‘lchovli 3D grafik dasturiy ta‘minot uchun konverter dasturiy instrument yordamchi modulini sozlash usullari, vizual jarayonlarni funksional bog‘liqlik ER munosabati modellari, ma‘lumotlar bazasining jadvallari va uch o‘lchovli obyektlarni eksport qilish amalga oshirilgan.

3.1-paragrafda dasturiy vosita tuzilmasi va modullari, mijoz-server arxitekturasi, virtual uch o'lchovli universitetning umumiy server arxitekturasi, VRning ssenariy konsepsiyasi darajalari, vAcademia dasturiy vositasining umumiy arxitekturasi batafsil o'rganilgan (5-6 rasmlar).

- vAcademia dasturi – virtual olamnini ko'rsatadigan va barcha funksiyalarni ta'minlaydigan mijoz dasturi;
- vAcademia serverlari – tarmoq o'zaro ta'sirini qo'llab-quvvatlaydigan va bir nechta serverlardan iborat bo'lgan kengaytiriladigan tizim, jumladan, autentifikatsiya server, resurslarni boshqarish serverlari, sinxronlashtirish serverlari, VoIP serverlari va xizmatchi serveri;
- Kirish nazorati ro'yxati (Access Control List) – virtual seanslarni rejalashtirish va ularga kirish kabi resurslar uchun foydalanuvchi ruxsatlarini boshqaradigan tizim;
- Virtual olam kontent ombori – 3D dunyo ma'lumotlari (geometriya va teksturalar) va foydalanuvchi obyektlari uchun saqlash tizimi;
- Virtkast ombori – 3D yozuvlar uchun saqlash tizimi.

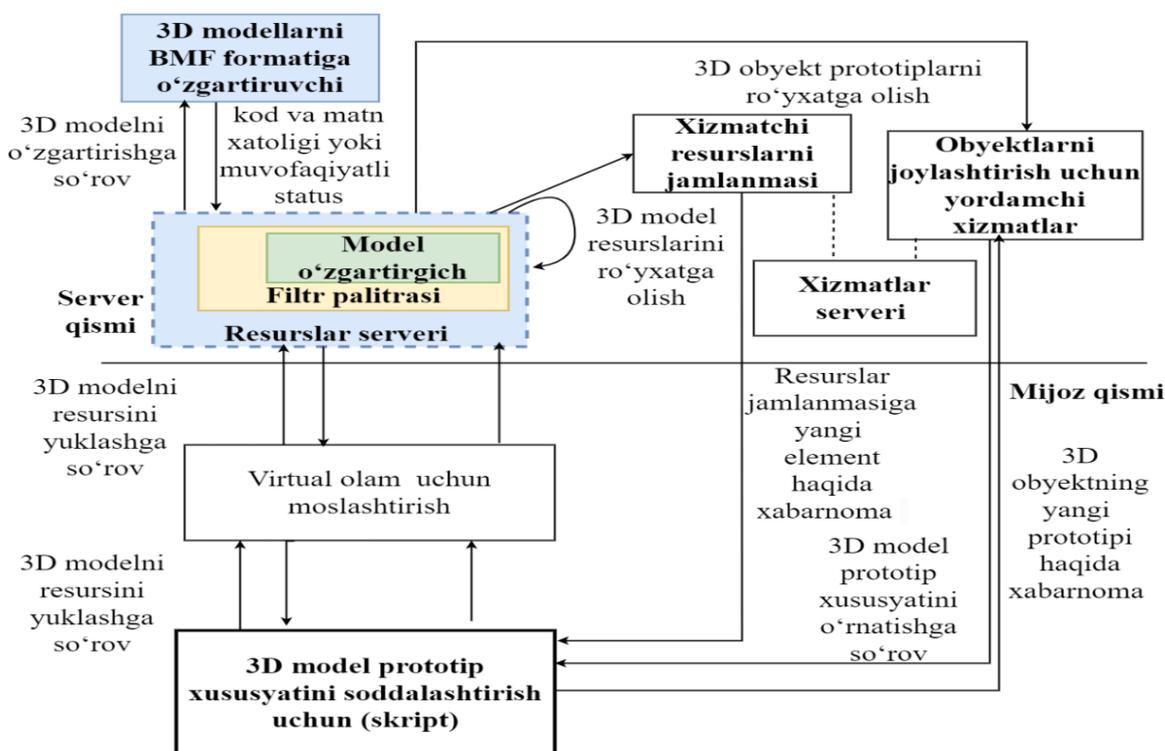


5-rasm. vAcademia dasturiy vositasining umumiy arxitekturasi



6-rasm. vAcademia.uz milliy virtual 3D universitet mantiqiy funksional tuzilmasi

3.2-paragrafda virtual muhit uchun obyektning uch o'lchovli modellarini serverga soddalashtirilgan va oson yuklanadigan BMF formatga o'tkazish uchun qo'shimcha dasturiy instrument ishlab chiqish. Vizuallashtiruvchi dasturiy vosita (DV)ga konverter yordamchi dasturiy instrumentini integratsiyasi bayon etilgan (7-rasm).



**7-rasm. Foydalanuvchi interfeysi uchun 3D modelni yuklash sxemasi**

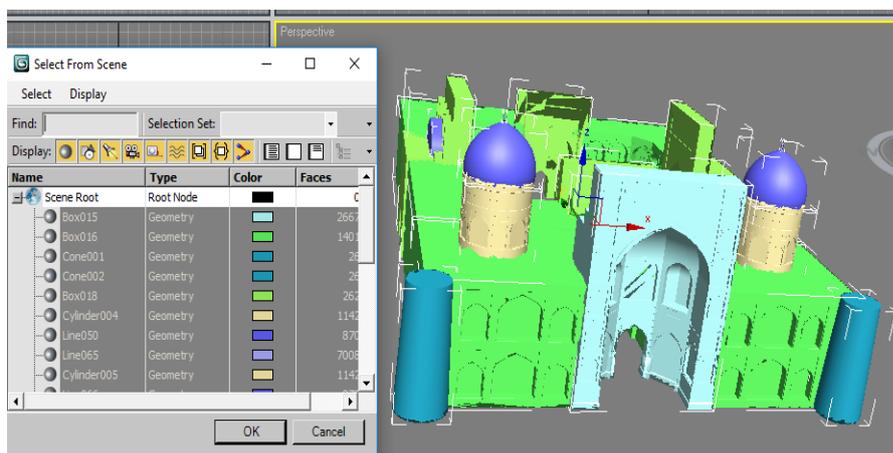
Ushbu 3D model konvertori – bu alohida dastur bo‘lib, Assimp kutubxonasi yordamida ishlaydi. Ushbu kutubxona 3D modelni BMF formatiga o‘tkazish va teksturalardagi rasm uchun PNG, JPEG formatlarini oqilona qabul qilishga ruxsat beradi (1024x1024 pikseldan oshmasligi kerak). Ushbu format vizuallashtirish, VR/AR uchun sodda va tez yuklanuvchi 3D model formatidir.

3.3-paragrafda uch o‘lchovli obyekt xususiyatlarini ma‘lumotlar bazasining jadvallari bilan bog‘lash skriptlarini shakillantirish, grafik ma‘lumotlar bazasi strukturasi, vacademia.uz dasturiy vositasi grafik ma‘lumotlar bazasining virtual olam muhitida ro‘yxatdan o‘tish va kurslarga qatnashish eksteryer va interyer obyektlarning 3D modellari ER diagrammasi relyatsion ma‘lumotlar bazasi yordamida joylashtirish ko‘rsatilgan.

HeidiSQL ma‘lumotlar bazasini boshqarish tizimi asosida veb server bilan birgalikda dizayn yaratish uchun professional 3D modellashtirish va vizuallashtirish AutoDesk 3D Max dasturi 2009 muhitida 3D modellarni chizib olinadi. Autoexport to VirtualUniver server plagini 3D Maxda chizilgan uch o‘lchovli obyektlarni VR muhiti uchun tayyorlab serverga joylashtirish uchun almashtirib beradi. Har bir saqlangan papkani ichida uch o‘lchovli obyektning XML fayllari mavjuddir. Tizim XML fayllarini avtomatik tekshirib bazaga ham qo‘shib qo‘yadi.

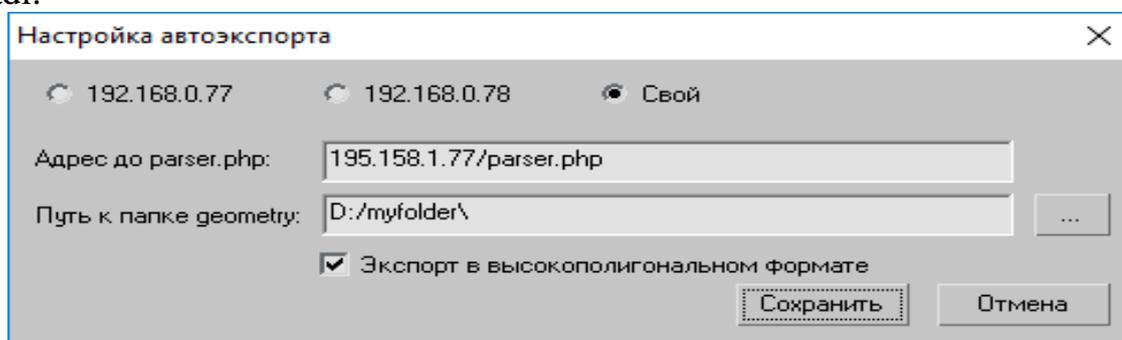
Yangi joylashuv manzil (lokatsiya)ini yaratilishi.C:\VuServers\ServerBins\islands.xml faylida joylashuv joylarining koordinatalari mavjud. Endi joylashuv manzili uchun quyidagi koordinatalar belgilandi:

```
<joylashuv manzili nomi ="Joylashuv manzili" type="1" tasvir="uz.png"
nuqtaAX="106000" nuqtaAY ="-34900" nuqtaBX ="124900" nuqtaBY ="-53800"
posAX="106621" holAY="-35521" holBX="124279" holBY="-53179"
rasmAX="9" rasmAY="9" rasmBX="265" rasmBY="265"/> (8-11-rasmlar).
```



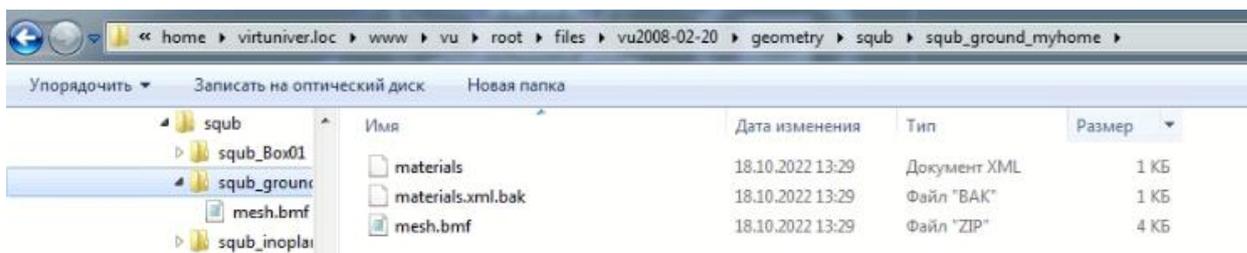
**8-rasm. 3D modelning obyektleri soni va ko‘rinishi**

8-rasmda uch o‘lchovli obyektning grafik DVdagi umumiy ma’lumotlari tasvirlangan. Uning poligonlari soni 48478 ta va nuqtalar soni 24321 tani tashkil qiladi.



**9-rasm. Belgilangan obyektarning 3D modellarini Autoexport to VirtualUniver server plagini orqali serverga ekport qilish oynasi**

Biz yaratgan obyektlar foydalanuchi lokal kompyuterning F:\WebServers5\home\virtuniver.loc\www\vu\root\files\vu2008-02-20\geometry\squb manziliga saqlanadi. \_ squb papkasi ichida har bir model uchun alohida papkaosti papka mavjud.

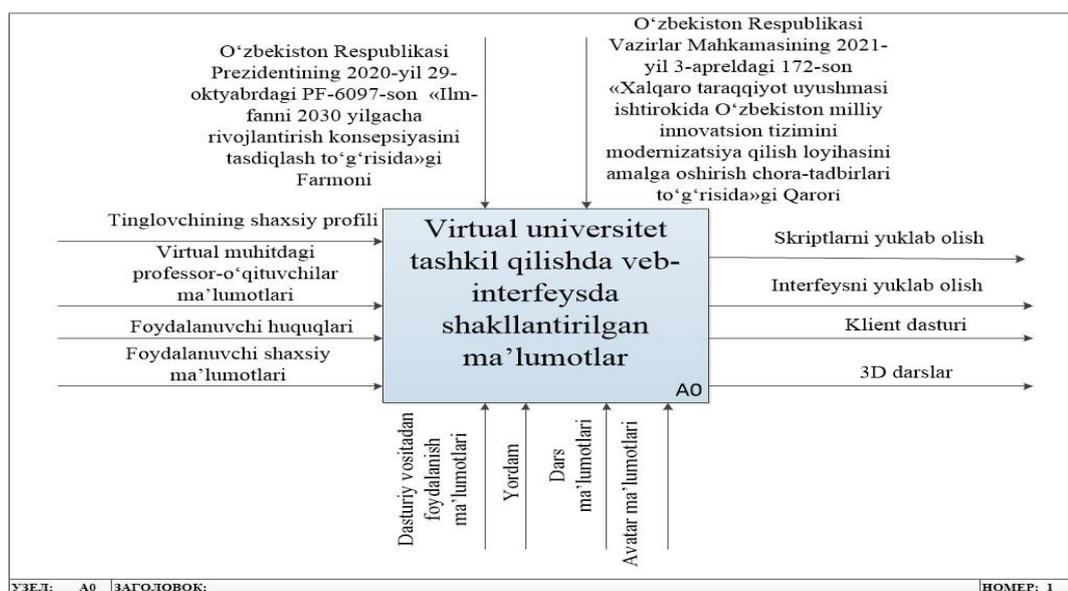


**10-rasm. Avtomatik eksport qilish jarayoni yakunlangandan so‘ng bitta obyektning arxiv papkasi ichidagi fayllar soni**

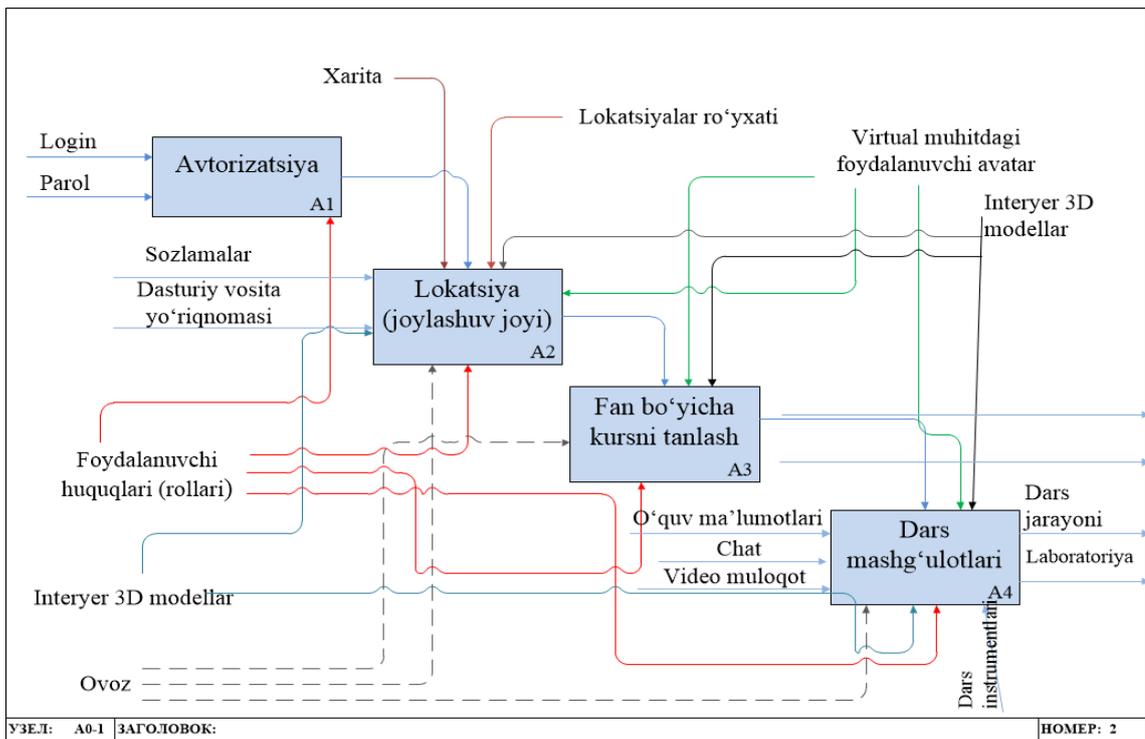


**11-rasm. Virtual borliq ta’lim muhitida eksteryer va interyer obyektlarning 3D modellari**

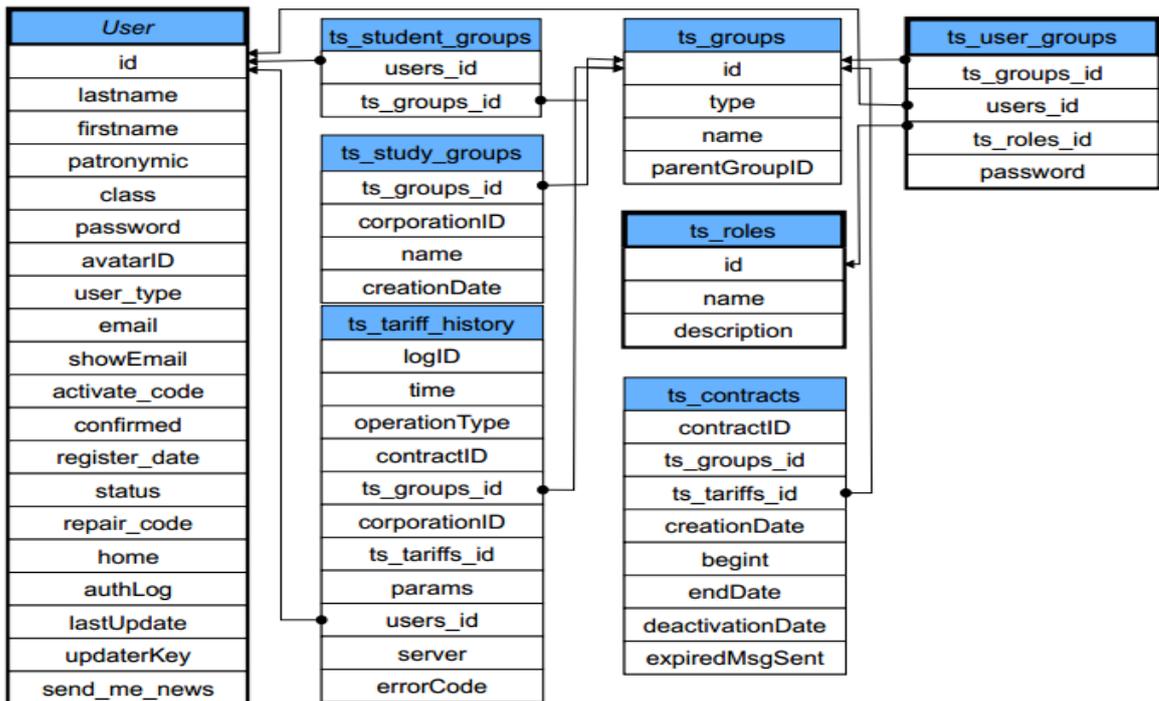
Tajribaviy tadqiqotlar virtual muhit uchun yangi foydalanuvchi huquqlari (rollari)ning turli rollarda aks etishi keltirib o‘tildi. Funktsional jarayonlarning axborot IDEF modellari, virtual muhit uchun yangi foydalanuvchi huquqlari (rollari)ning ER diagrammasi yoritildi (12-14-rasmlar).



**12-rasm. Veb-interfeysida shakllantirilgan ma’lumotlarning IDEF0 axborot modeli**



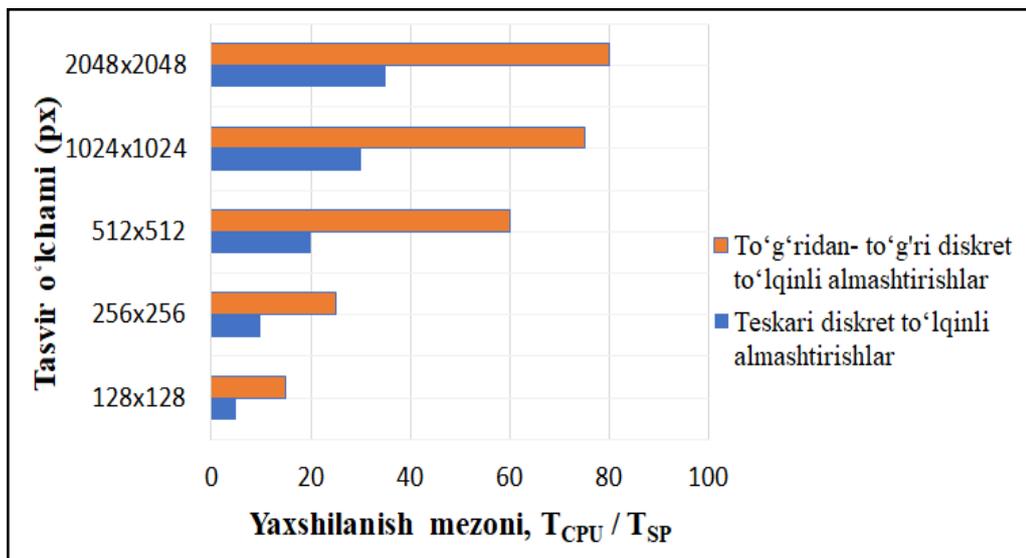
13-rasm. “vacademia” klient dasturiy vositasining IDEF0 axborot modeli



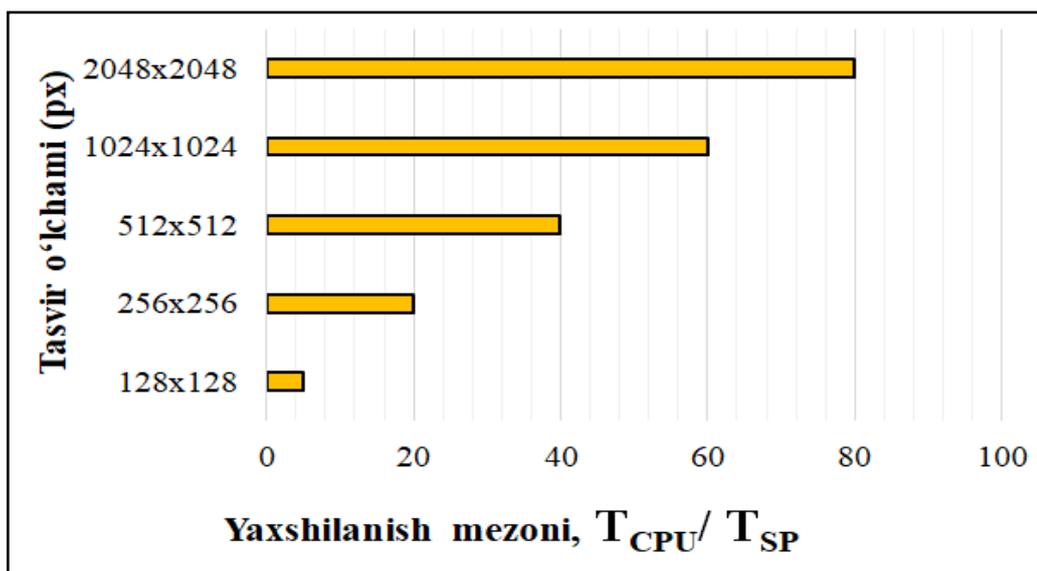
14-rasm. Virtual muhit uchun yangi foydalanuvchi huquqlari (rollari)ning ER diagrammasi

Amaliy masalalarni yechish taklif etilgan dasturiy vosita bir xil qiymat darajasidagi Intel protsessorli va Nvidia, ATI grafik adapterlariga ega bo'lgan 20 ta apparat konfiguratsiyasidagi tizimlarda ishga tushirishda olingan natijalarni taqdim etildi. Buning natijasida har bir apparat konfiguratsiyasida har bir tasvir o'lchami uchun 10 martadan ishga tushirildi. Har xil o'lchamdagi tasvirlar uchun markaziy protsessor (MP) hamda oqim protsessor (OP)larda to'g'ridan-to'g'ri va

teskari DWT (diskret to‘lqinli almashtirishni qo‘llaganda) tasvirlarni vaqtinchalik xotirada yuklanishi vaqti o‘rtasidagi nisbat quyidagicha ko‘rsatilgan (15-16-rasmlar).



**15-rasm. MP va OPda diskret to‘lqinli almashtirishlar**



**16-rasm. MP va OPda atributli vektor shakllarini rasterlash**

Hisoblash tajribalarida virtual muhitlar o‘quv muhitini tashkil qilinib mashg‘ulot jarayonlari uchun vaqt sarfini kamayishi hisobiga ish unumdorligini 5% ga oshirishga hamda o‘quvchilarni mashg‘ulotga qiziquvchanlik qobiliyatini bir necha barobar oshirishga imkon beradi. Buning natijasida dars mashg‘ulotlariga ketadigan vaqtning 2 barobarga kamaytirishga erishildi.

## Xulosa

Tadqiqotni amalga oshirishdan olingan asosiy natijalar sifatida quyidagilarni qayd etish mumkin:

1. Dissertatsiya ishining maqsad va vazifalarini shakllantirish uchun mazkur sohada ta'lim jarayonida foydalaniladigan virtual universitet muhitlari, ularning imkoniyatlari, yutuq va kamchiliklari virtual muhitning asosiy tushunchalari, virtual ta'lim tizimlarini qo'llash usullarining hozirgi holati va ularni qo'llanilishi tahlil qilinib 3D universitet umumiy milliy strukturasi ishlab chiqish yuzasidan yetarlicha ilmiy tadqiqotlar ishlari tahlil qilindi.

2. Foydalanuvchilarni identifikatsiya qilish, ma'lumotlar, xizmatlar, servislar tizim ma'lumotlari to'plami bo'lgan axborot resursi uchun vacademia.uz veb-interfeys yaratildi.

3. Mavjud VR muhiti uchun uch o'lchovli obyektlarni virtual olam muhiti qabul qiladigan 3D modellarning fayl formatlari o'rganildi va tegishli dasturiy instrumentini qo'llash taklif etilgan. vacademia.uz muhitiga grafik ma'lumotlar bazasining virtual olam muhitida kurslarga qatnashish ER diagrammasi keltirib o'tildi.

4. Foydalanuvchilarni veb-interfeysda ma'lumotlarni shakllantirish vizual jarayonlarni funksional modellashtirish va virtual muhitga klient dasturiy vositasi orqali o'tish IDEF0 informatsion modeli, virtual muhitga milliy dizaynga asoslangan lokatsiya ishlab chiqishning IDEF1x axborot modeli keltirib o'tildi.

5. Virtual 3D olam muhitida katta hajmdagi grafik kontent obyektlari munosabati aniqlash uchun oqim protsessor (OP)lar va markaziy protsessor (MP)larga doimiy ravishda virtual muhitga yordamchi vazifalarini yuklab tekshirib ko'rildi. MPlarda 3D grafiklarni qayta ishlashning matematik apparati faqat tasvirlarni qayta ishlashga e'tibor qaratish uchun soddalashtirildi. Sohani shakllantirishda, MP arxitekturasining o'ziga xos xususiyatlari va apparat cheklovlarini inobatga olgan holda MPda tasvirni qayta ishlashning diskret tenglamalar tizimi ko'rinishdagi matematik modelini olindi.

6. Virtual muhitni tashkil qilishda ma'lumotlar bazasi bo'yicha munosabatlarining relyatsion algebra ifodalarini qurish usullaridan foydalanildi va klient dasturiy vosita ishlab chiqildi.

7. Ishlab chiqilgan matematik modellar, algoritmlar va dasturiy vositalar «O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligi», «UCHDAVR», Rossiya Federatsiyasining «Виртуальные пространства» mas'uliyati cheklangan jamiyatlarda joriy qilingan. Natijada xalqaro darajadagi virtual ko'rgazmalar o'tkazishda qulay va samaralidir, virtual muhitdagi foydalanuvchilarni mashg'ulotga qiziquvchanlik qobiliyatini oshirishga imkon bergan, ish unumdorligini 10-13% ga oshirishga hamda uch o'lchovli obyektini fazoda tasvirlash tezligi 4 martagacha oshirish imkonini bergan.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.13/30.12.2019.Т.07.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ УНИВЕРСИТЕТИ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

---

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

**ГИЁСОВ УЛУГБЕК ЭШПУЛАТОВИЧ**

**СОЗДАНИЕ 3D МОДЕЛЕЙ И РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО  
ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

05.01.04 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин,  
комплексов и компьютерных сетей

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ  
ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD) ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

**Ташкент – 2023**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за В2022.3.PhD/T3082.

Диссертация выполнена в Ташкентском университете информационных технологий.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице научного совета ([www.tuit.uz](http://www.tuit.uz)) и в Информационно-образовательном портале «Ziyonet» ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)).

**Научный руководитель:** Нуралиев Фахриддин Муродиллаевич  
доктор технических наук, доцент

**Официальные оппоненты:** Кабулов Анвар Василевич  
доктор технических наук, профессор  
Самандаров Батирбек Сатимович  
доктора философии (PhD) технических наук, доцент

**Ведущая организация:** Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Защита диссертации состоится «17» марта 2023 г. в 14:00 часов на заседании научного совета DSc.13/30.12.2019.T.07.01 при Ташкентском университете информационных технологий. (Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-43, e-mail: [iktuit@tuit.uz](mailto:iktuit@tuit.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Ташкентского университета информационных технологий (регистрационный номер № 269). Адрес: 100084, г. Ташкент, ул. Амира Темура, 108. Тел.: (99871) 238-64-70.

Автореферат диссертации разослан «01» марта 2023 г.  
(протокол рассылки № 7 «10» февраля 2023 г.).



**М.М.Мусаев**  
Председатель Научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, профессор

**Н.О. Рахимов**  
Ученый секретарь Научного совета  
по присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, доцент

**Х.Н.Зайнидинов**  
Председатель научного семинара при Научном  
совете по присуждению ученых степеней,  
доктор технических наук, профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире одним из важных вопросов является инновационно-техническая интеграция развивающихся технологий виртуальной реальности и сред с разными сферами общества, в частности применения в области искусства, медицины, туризма, военной сферы, кино и телевидения, а также образования. В этом плане, большое внимание уделяется повышению познавательной деятельности обучающихся в данных областях, более широкому использованию 3D технологий и среды виртуальной реальности, разработке методов и средств перехода от традиционной среды обучения к виртуальной среде 3D обучения. В странах, где развита эта отрасль, в частности, в Норвегии, США, Германии, Японии, Южной Кореи, Российской Федерации, Китае и других странах большое внимание уделяется решению вопросов разработки платформ трехмерного виртуального университета, трехмерных моделей организации виртуального университета, программных средств и визуализации моделей экстерьера виртуальных трехмерных объектов.

В мире в высших образовательных учреждениях, в которых внедрена трехмерная среда виртуального университета, численность виртуальных участников составляет несколько миллионов ежегодно. Причиной этого является тот факт, что дистанционное виртуальное обучение в образовательных учреждениях в отличие от традиционных методов обучения и удобно, и доступно для пользователей, самое главное, позволяет усваивать знания с помощью программного средства единой виртуальной реальности в рамках занятий с виртуальным тренажером и виртуальной симуляцией в удобное для них время. При организации виртуальной среды, технологий и инструментальных средств применения элементов виртуальной реальности (VR) в сфере образования, которые отвечают требованиям современной системы образования важной задачей является ведение научных исследований по разработке методов построения реляционных алгебраических выражений отношений по базе данных, программных средств трехмерного виртуального университета.

В Республике особое внимание уделяется вопросам внедрения в сферу образования в регионах среды виртуальной реальности, совершенствования цифровых программных средств для представления учебного контента в трехмерном и виртуальном электронном формате, обмена знаниями и опытом, разработки национальной виртуальной среды высших образовательных учреждений. В частности, в Указе Президента Республики Узбекистан «Об утверждении Стратегии «Цифровой Узбекистан-2030» и мерах по ее эффективной реализации» определены такие задачи как «... изучение и применение на практике возможностей использования в отраслях экономики технологий виртуальной и дополненной реальности, искусственного интеллекта, криптографии, машинного обучения, анализа больших данных и облачного вычисления», «... внедрение и развитие в сфере информационных технологий дистанционного, онлайн и виртуального

обучения, разработка платформ для онлайн курсов», «...развитие и стимулирование научно-исследовательских работы в сфере цифровых технологий, совершенствование их организационных механизмов». В соответствии с этим, в настоящее время с бурным развитием техники и технологий использование виртуальной реальности вызывает у многих большой интерес. Из-за пандемии повысился, спрос на обучение с применением средств ВР в образовательных целях во внеаудиторных условиях и одной из важных задач стала, разработка программных средств, автоматизирующих виртуальную среду такого типа.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных Указами Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года №УП-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», в частности «... разработка эффективных механизмов стимулирования и поддержки системы создания национальных продуктов в сфере ИКТ», от 29 октября 2020 года №УП-6097 «Об утверждении Концепции развития науки до 2030 года», Постановлением Кабинета Министров Республики Узбекистан от 3 апреля 2021 года №172 «О мерах по реализации проекта «Модернизация национальной инновационной системы Узбекистана» с участием Международной ассоциации развития» и другими нормативно-правовыми документами, касающимися данной сферы.

**Связь исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в Республике Узбекистан: IV. «Информатизация и развитие информационно-коммуникационных технологий».

**Степень изученности проблемы.** Вопросы использования виртуальных электронных ресурсов в виртуальном мире, роли, значения, уровня оптимальности материалов в виртуальном электронном формате на основе 3D-технологий в образовательном процессе применения в системе образования элементов виртуальной реальности, систем применения ВР в образовании (Second Life, vAcademia, Virbela и др.), разработки виртуальных сред и их внедрения в практику нашли свое отражение в научных работах таких зарубежных ученых как С. Хале, Р.Зиатдинов, М. Фоминйкх, М.ЛаВалле, Ф. Рамос, Ж. Сеокхее, Г. Хенке, И.Т. Шеико, Бин Чен, С.Леви, Д.Эн, М. Мелзер, О.Ёшихиро, Ж. Роберт, М.Морозов, А.Герасимов, П.Форланд, А.В. Меженин и др.

В нашей Республике научное исследование проблем применения в системе образования элементов виртуальной реальности, использования алгоритмов и методов визуализации 3D-моделей, информационно-программной системы автоматизации учебного процесса виртуального университета свой вклад внесли такие отечественные ученые как Т.Ф. Бекмуратов, А.Х.Нишанов, Б.Б.Муминов, Н.О.Рахимов, Р.Д.Алоев, У.Р.Хамдамов, Ф.М.Нуралиев, М.Артикова, В.С. Хамидов и др.

В настоящее время актуальными проблемами в виртуальном мире являются организация учебного процесса в пользовательской виртуальной среде, создание 3D моделей и разработка соответствующего программного средства, онлайн-участие в виртуальных средах посредством Интернета, обмен данными между пользователями в виртуальной среде, онлайн-синхронизация между пользователями в виртуальной среде. На сегодня эти проблемы недостаточно изучены.

**Связь темы диссертации с планами научно-исследовательской работы высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках инновационных проектов Ф3-2019081212 «Разработка технологии геометрического моделирования при описании структур сложного экстерьера, интерьера в узбекских 3D узорах» (2020-2021), ИЛ-47-21071198 «Создание национального виртуального университета по информационным технологиям на основе 3D-технологий» (2022-2023) плана научно-исследовательских работ Ташкентского университета информационных технологий.

**Целью исследования** является разработка программного средства создания 3D моделей и алгоритмов визуализации и иллюстрации 3D-моделей объектов экстерьера и интерьера при организации виртуального университета.

**Задачи исследования:**

разработка функциональной IDEF-модели и алгоритма проектирования 3D-моделей объектов в виртуальной университетской среде;

приведение материалов, текстур, полигонов и объема, формата файла разработанных 3D-моделей в соответствии со средой виртуального университета;

разработка дополнительного программного модуля, обеспечивающего экспорт данных трехмерных объектов для университетской среды в виртуальной реальности;

проектирование 2D/3D-моделей объектов для виртуальных сред, в частности 3D-моделей объектов экстерьера и интерьера, разработка структуры базы графических данных моделей трехмерных объектов;

проектирование функциональной структуры программного обеспечения виртуальной образовательной среды на основе 3D-моделей национальных объектов для среды vAcademia.

**Объектом исследования** являются процессы разработки программного средства и создания 3D-моделей при организации виртуального университета в современных виртуальных средах.

**Предмет исследования** – программные средства и методы визуализации, геометрического моделирования 3D-моделей объектов в виртуальных средах.

**Методы исследования.** В ходе исследования использованы правила визуализации виртуальных трехмерных объектов посредством моделей интерьера и экстерьера, теория визуализации, выражения реляционной

алгебры, методы дискретной математики, методы визуализации моделей экстерьера виртуальных трехмерных объектов, методы применения в образовании алгоритмов виртуальной реальности.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

разработан плагин программного средства экспорта 3D-моделей в виртуальную среду на основе формата BMF (Basic Model Format);

разработана функциональная IDEF1x-модель проектирования базы графических данных на основе 3D-моделей национальных объектов экстерьера и интерьера в среде виртуального университета;

разработаны модели 2D/3D визуализации университета и виртуальной выставки на основе методов отображения двух- и трехмерных примитивов в виртуальной среде;

спроектирована логическая функциональная структура программного средства проектирования виртуальной среды на основе 3D-моделей национальных объектов в системе vAcademia.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем: разработаны модели отношения функциональной связи ER (Entity Relationship) визуальных процессов, модели, составляющие реляционные отношения структуры графических данных, функциональная структура и программное средство создания виртуальных сред для виртуального университета, программное средство на узбекском языке «vacademia.uz», предназначенное для повышения активности обучающихся в современных виртуальных 3D-средах обучения в образовательных учреждениях на основе программного средства и функциональной структуры создания виртуальных сред для виртуального университета и способствующих процессу обучения в виртуальной трехмерной среде, спроектированной на основе современного национального ландшафтного дизайна.

**Достоверность результатов исследования** обоснована апробированием, внедрением программного средства проектирования 3D-моделей при создании виртуальных сред для виртуального университета, результатами сопоставления статистических данных, корректным применением математического обеспечения и соответствием положительных результатов в опытных исследованиях.

**Научная и практическая значимость исследования.** Научная значимость результатов исследования обоснована разработанной функциональной IDEF1x-моделью проектирования базы графических данных на основе 3D-моделей национальных объектов и функциональной структуры создания виртуальных сред для виртуального университета.

Практическая значимость результатов исследования обоснована разработкой программного средства для создания 3D-моделей организации ER-диаграммы новых пользовательских прав (ролей) для виртуальной среды и размещения визуализированных трехмерных моделей в среду виртуального мира посредством специального плагина.

**Внедрение результатов исследования.** На основе научных результатов, связанных с решением вопросов создания 3D-моделей и организации среды виртуального университета:

программное средство, разработанное на основе 2D/3D национальных моделей визуализации и виртуальной выставка университета в среде виртуальной реальности на основе трехмерных примитивов внедрено в деятельность Агентства информации и массовых коммуникаций при Администрации Президента Республики Узбекистан в целях проведения II Ташкентской международной книжной выставки-ярмарки 2020 (справка Агентства информации и массовых коммуникаций при Администрации Президента Республики Узбекистан от 14.11.2022 года №11-4830). Результаты позволили повысить оптимальность и эффективность проведения виртуальных выставок на международном уровне, интерес пользователей виртуальной среды к занятиям;

разработанные математическое обеспечение и алгоритмы разработки базы данных программных средств для информационной IDEF1x-модели, базы графических данных на основе 3D-моделей объектов экстерьера и интерьера образовательной среде виртуальной действительности внедрено в деятельность компании ООО «УЧДАВР» по созданию виртуальных сред для образовательной сферы (справка Агентства информации и массовых коммуникаций при Администрации Президента Республики Узбекистан от 14.11.2022 года №11-4830). В результате появилась возможность в 4 раза повысить скорость трехмерного отображения объекта в пространстве и повысить на 10-13% производительность;

усовершенствованная виртуальная среда программного средства проектирования структуры и виртуальной среды 3D-моделей национальных объектов в системе vAcademia внедрена в деятельность ООО «Виртуальные пространства» (Российская Федерация) (справка Агентства информации и массовых коммуникаций при Администрации Президента Республики Узбекистан от 14.11.2022 года №11-4830). Результаты позволили в 10 раз запустить для каждого изображения в 20 системах аппаратной конфигурации с одинаковыми значениями с графическими адаптерами Nvidia и ATI, процессором Intel, затем самые высокие показатели улучшения, достигнутые при использовании потоковых процессоров (ПП), дифференцировать не более в 2 раза относительно самых высоких показателей центрального процессора (ЦП).

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационного исследования были апробированы на 3 международных и 6 республиканских конференций.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 28 научных работ, включая 10 научных статей, из которых 6 статей – в научных изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации научных результатов диссертации, в том числе 4 статей – в зарубежных научных журналах, получены авторские свидетельства на 2 программных средств ЭВМ.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 120 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации. Определена цель и задачи, объект и предмет исследования. Приводится к соответствию исследования приоритетным направлениям развития науки и технологии Республики Узбекистан. Изложена научная новизна, практические результаты исследования. Обоснована достоверность полученных результатов. Раскрывается теоретическая и практическая значимость результатов исследования. Приведены внедрение результатов исследования, сведения об опубликованности результатов и структуре диссертации.

Первая глава диссертации **«Анализ современных виртуальных сред и применение их в виртуальной образовательной системе»** состоит из трех параграфов. Данная глава посвящена описанию основных понятий виртуальной среды, современного состояния методов использования виртуальных образовательных сред и изучению области их применения. История возникновения виртуальной среды, а также основных понятий связанных с виртуальными средами. Во втором параграфе проанализированы требования применения и методы разработки, методологии организации учебного процесса, в виртуальной среде использованные в образовательном процессе, их возможности, преимущества и недостатки. Основные понятия виртуальной среды, современное состояние методов применения виртуальных образовательных сред и этапы возникновения виртуальной среды областей их применения в зависимости от их преимуществ и недостатков. В третьем параграфе поставлена задача построения 3D-сред виртуального образования в виртуальной реальности, а также приводятся выводы по первой главе.

Вторая глава диссертации **«Процессы разработки трехмерных моделей построения виртуальной среды»** состоит из трех параграфов. В данной главе описываются два наиболее часто применяемых подхода к созданию 3D-моделей объектов. Это полигональное моделирование и сплайн-моделирование. Оба варианта позволяют создать высококачественные 3D-модели. Описывается тот факт, что если использовать метод разработки геометрических моделей трехмерных объектов с помощью сплайн-функции, то время вывода трехмерного объекта на компьютере значительно сокращается и происходит экономия объема памяти для отображения модели в оперативной памяти.

В параграфе 2.1 включены вопросы отображения и визуализации пространственных форм, а технология разработки 3D-моделей объектов для использования в среде VR осуществляется в ходе следующих этапов (рис.1).



**Рис. 1. Структура технологии разработки 3D-моделей объектов для виртуальных сред.**

В параграфе 2.2 представлено выполнение операций с использованием реляционной алгебры в реляционной модели, разработка методов построения отношений по базе данных при организации виртуальной среды и последовательного использования выражений реляционной алгебры.

Традиционные операции с выражениями по базе данных при организации виртуальной среды – объединение (union  $\cup$ ), пересечение (intersection  $\cap$ ), вычитание (Set difference  $-$ ) и декартово произведение (Cartesian product  $\times$ ). Во второй же группе разработан алгоритм построения последовательности, выполнения реляционных операций выбора или ограничения (selection  $\sigma$ ) и проецирования (projection  $\Pi$ ).

*Проецирование (Вертикальное подмножество - projection  $\Pi$ ).* В этой операции  $T$  – множество атрибутов,  $r[T]$  – кортежи отношения  $R$ , соответствующие атрибуту  $T$ , то проецирование данного  $R$  по отношению к  $T$  будет следующим образом (1).

$$P[T] = \{r[T] \mid r \in P\} \quad (1)$$

При проецировании посредством вывода некоторых кортежей в заданном отношении, из оставшихся кортежей образуется новое отношение. При внедрении проецирования к отношению  $R$ , некоторые компоненты удаляются из отношения  $R$ , оставшиеся заново упорядочиваются. Проецирование является операцией вывода необходимых столбцов из отношения (таблицы 1-3).

Таблица 1.

objects\_map (Множество объектов)

type	res	Name	level
2	squb\squb_inoplanet_gump\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_gump	2
0	squb\squb_inoplanet_gump3\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_gump3	7
0	squb\squb_inoplanet_gump3\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_gump2	0
2	squb\squb_inoplanet_gump\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_lol01	4

Таблица 2.

проецирование атрибутов (SELECT DISTINCT type, res FROM objects\_map)

type	res	name	level
2	squb\squb_inoplanet_gump\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_gump	2
0	squb\squb_inoplanet_gump3\mesh.bmf.zip;25000;0;	squb_inoplanet_gump3	7

В параграфе 2.3 приводятся данные о том, как при использовании R-функции (RFM) применено упрощенное состояние при визуализации трехмерных объектов, геометрические примитивы общего 3D-объекта используют методы конструктивных комбинаций

При этом (1) объединенная общая формула:

$$\omega_{R1} = \omega_{1,3} \wedge_0 \overline{\omega_{4,6}} \wedge_0 (\overline{\omega_{7,10}}) \vee_0 (\omega_{11,12}) \quad (1)$$

где:

$$f_1 = a^2 - x^2 \geq 0, f_2 = b^2 - y^2 \geq 0, f_3 = c^2 - z^2 \geq 0.$$

$$\omega_{1,3} = f_1 \wedge_0 f_2 \wedge_0 f_3;$$

$$f_4 = (a - n)^2 - x^2 \geq 0, f_5 = (b - n)^2 - y^2 \geq 0, f_6 = (c - n)^2 - z^2 \geq 0.$$

$$\omega_{4,6} = \phi_4 \wedge_0 \phi_5 \wedge_0 \phi_6;$$

$$f_7 = \left(\frac{a}{3}\right)^2 - x^2 \geq 0, f_8 = \left(\frac{b}{2}\right)^2 - \left(y - \frac{b}{4}\right)^2 \geq 0,$$

$$f_9 = n^2 - (z - (c - n))^2 - y^2 - x^2 \geq 0$$

$$\omega_{7,10} = f_7 \wedge_0 f_8 \wedge_0 f_9 \wedge_0 f_{10};$$

$$f_{11} = R^2 - x^2 - (y + R)^2 - z^2, f_{12} = (R - n)^2 - x^2 - (y + R)^2 - z^2,$$

$$\omega_{11,12} = f_{11} \wedge_0 (\overline{f_{12}})$$

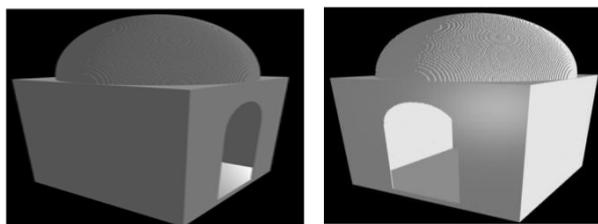
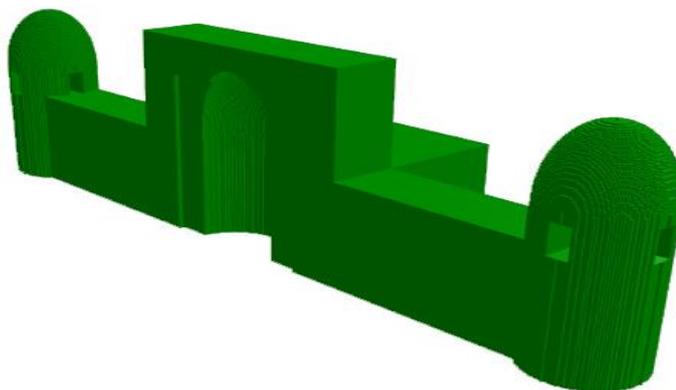


Рис. 2. Построение сложного трехмерного объекта на основе R-функции (RFM).

Вначале разработана уравнение визуализации сложного трехмерного объекта с использованием метода R-функции В.Л.Рвачева:

$$\omega_{R2} = (\omega_1 \wedge_0 (\overline{\omega_{10}})) \wedge_0 (\overline{\omega_5 \wedge_0 \omega_{12}}) \vee_0 \omega_4 \vee_0 \omega_2 \vee_0 \omega_3 \vee_0 \omega_6 \vee_0 \omega_{16} \vee_0 \omega_7 \vee_0, \\ \omega_{20} \wedge \overline{\omega_8 \vee_0 \omega_9} \wedge \overline{\omega_{11} \vee_0 \omega_{12}} \quad (2)$$

При этом в формуле (2) 3D-объект состоит из комбинации следующих конструктивных примитивов: 1. Прямоугольный параллелепипед 2. Цилиндр 3.Эллипс.



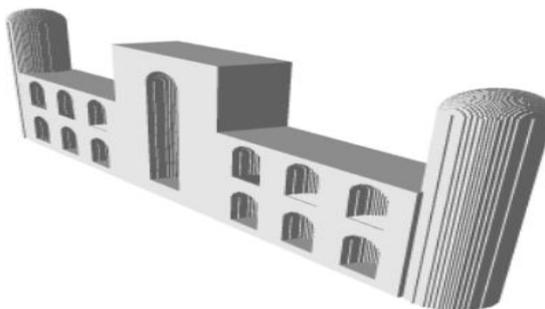
**Рис. 3. Неупрощенное состояние сложного трехмерного объекта при визуализации с использованием R-функции (RFM).**

На основе представленных выше результатов и анализа разработано упрощенное уравнение визуализации сложного трехмерного объекта (3) с использованием метода R-функции (RFM):

$$\omega_{RU} = \omega_{Ra} \vee_0 \omega_{Rhl} \vee_0 \omega_{Rhr} \vee_0 \omega_{Rml} \vee_0 \omega_{Rmr} \quad (3)$$

где:

$$f_1 = (a - w)^2 - (x - a_1)^2 \geq 0, \quad f_2 \equiv (b - w)^2 - (y - b_1)^2 \geq 0, \\ f_3 = (c - w)^2 - (z - c_1)^2 \geq 0, \\ \omega_k = f_1 \wedge_0 f_2 \wedge_0 f_3 \\ \omega_{ys} = f_4 \wedge_0 f_5 \wedge_0 f_6 \wedge_0 f_7 \\ f_4 = (R - w)^2 - (x - a)^2 - (z - c)^2 \geq 0, \quad f_5 \equiv (b - y) \geq 0, \\ f_6 = -z + c_1 \geq 0, \\ f_7 = y + b_1 \geq 0, \quad f_8 \equiv (x - a)^2 + (y - b)^2 + (z - c)^2 - R^2 \leq 0, \\ f_9 = -z + c_1 \geq 0, \quad f_{10} \equiv y - b \geq 0, \\ f_{11} = (x - a)^2 + (y - b)^2 + (z - c)^2 - (R - w)^2 \leq 0, \\ \omega_{ysh} = f_8 \wedge_0 f_9 \wedge_0 f_{10} \wedge_0 f_{11}$$



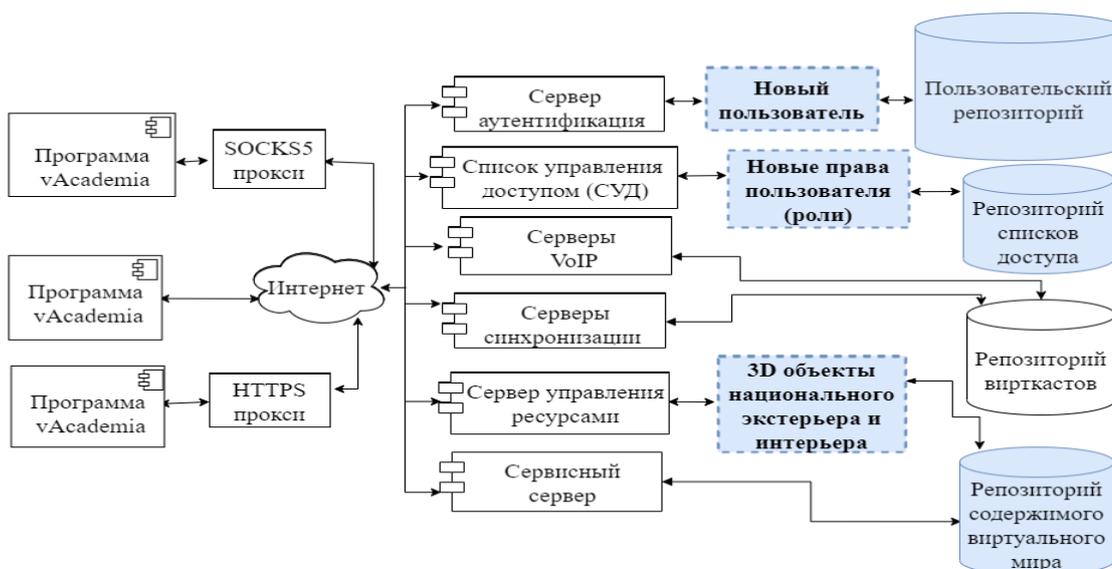
**Рис. 4. Неупрощенное состояние сложного трехмерного объекта при визуализации с использованием R-функции (RFM).**

При этом 3D-объект (3) состоит из следующих конструктивных комбинаций следующих примитивов: 1. Прямоугольный параллелепипед 2. Цилиндр, 3. Сфера.

При без координатном проектировании моделей в вышеуказанных рис. 2 и рис. 3 увеличиваются время построения модели и объем оперативной памяти. На базе основных результатов, полученных после осуществления исследования, координаты для построения трехмерной модели, сохраняются в отдельном файле, и эффективность его построения значительно повышается (рис. 4). 3D-объекты, построенные с помощью R-функции (RFM), связаны с параметрами компьютеров с конфигурацией Core i3 и выше. В результате этого при проектировании моделей значительно сокращается время вывода трехмерного объекта и экономится объем памяти для отображения модели во временной памяти.

Третья глава диссертации «Функциональная структура виртуальной среды 3D-университета и методы интеграции в нее трехмерных объектов» состоит из трех параграфов. В этой главе рассматриваются модели ER отношения функциональной корреляции визуальных процессов, методы настройки вспомогательного модуля программного инструмента конвертирования для программного обеспечения виртуальной трехмерной 3D-графики, SQL-скриптов и их атрибутов, метод осуществлен экспорт трехмерных объектов и таблиц базы данных.

В параграфе 3.1 подробно рассматриваются структура и модули программного средства, клиент-серверная архитектура, архитектура общего сервера виртуального трехмерного университета, уровни концепции сценария ВР, общая архитектура программного средства vAcademia (рис. 5-6).



**Рис. 5. Общая архитектура программного средства vAcademia.**

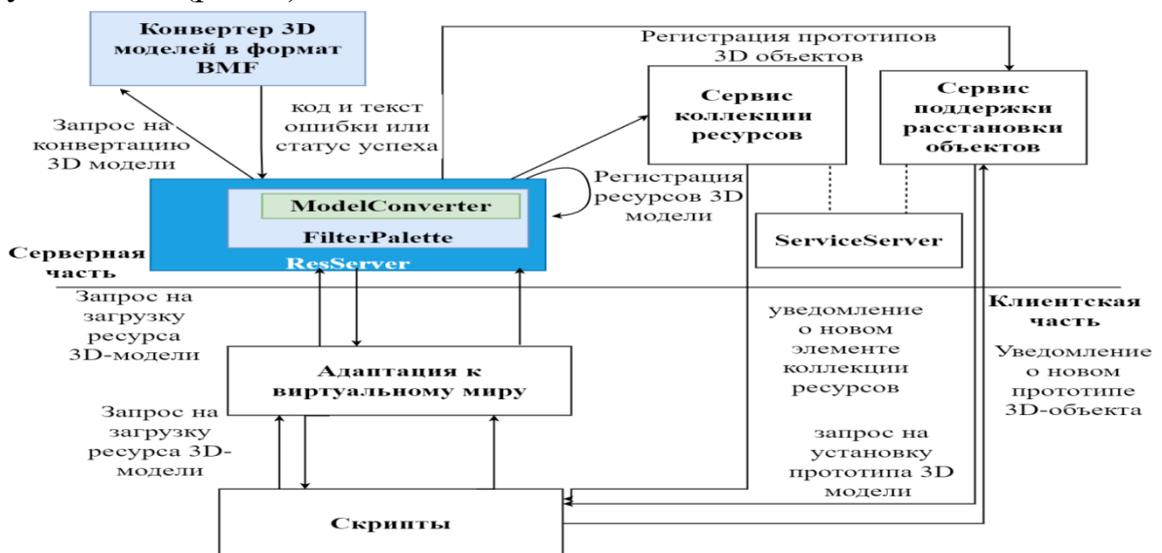
- программа vAcademia – клиентская программа, которая обеспечивает все функции и представляет виртуальный мир;
- серверы vAcademia – расширенная система, поддерживающая сетевое взаимодействие и состоящая из нескольких серверов, в частности,

- серверы аутентификации, серверы администрирования ресурсов, серверы синхронизации, серверы VoIP и служебный сервер;
- Список контроля доступа (Access Control List) – планирование виртуальных сеансов и система управления доступом пользователей к ресурсам;
- Хранилище контента виртуального мира – система хранения данных 3D-мира (геометрия и текстуры) и объектов пользователя;
- Хранилище Virtkas – система хранения 3D-записей.



**Рис. 6. Логическая функциональная структура национального виртуального 3D-университета *vacademia.uz*.**

В параграфе 3.2 разработан дополнительный программный инструмент для облегченного и упрощенного перевода трехмерных моделей объекта для виртуальной среды в формат BMF. Описана интеграция вспомогательного программного инструмента конвертирования в программное средство (BC) визуализации (рис. 7).



**Рис. 7. Схема загрузки 3D-модели для пользовательского интерфейса.**

Данный конвертер 3D-модели – отдельная программа. Функционирует с помощью библиотеки Assimp. Данная библиотека позволяет перевести 3D-модель в BMF и рационального перевода рисунков в текстурах в форматы PNG, JPEG (не должны превышать 1024x1024 px). Этот формат – формат визуализации, 3D-модели оптимальной и быстрой загрузки для ВР/АР.

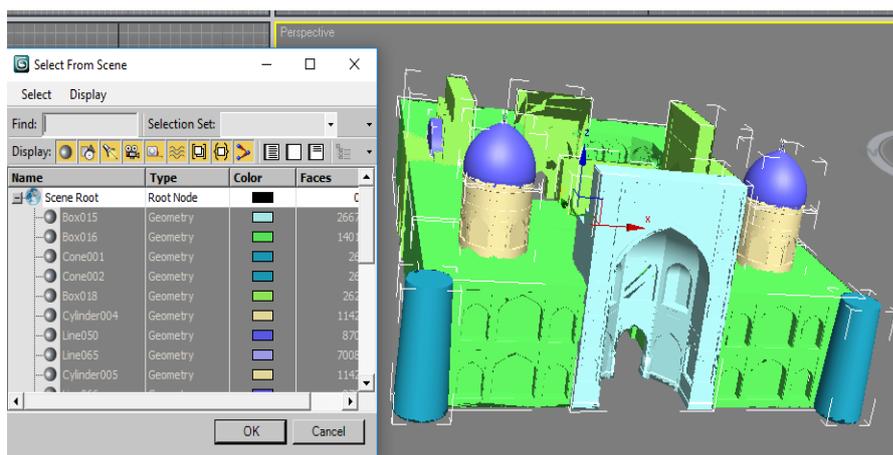
В параграфе 3.3 представлены формирование скриптов, связанных с таблицами базы данных свойств трехмерных объектов, структура базы графических данных, регистрация в виртуальном мире базы графических данных программного средства (ПС) vacademia.uz и размещение 3D-моделей объектов экстерьера и интерьера для участия в курсах в базе реляционных данных диаграммы ER.

На основе системы управления базой данных HeidiSQL строятся 3D-модели в среде программы Autodesk 3D Max 2009 профессионального 3D-моделирования и визуализации для создания дизайна совместно с веб-сервером. Серверный плагин Autoexport to VirtualUniver заменяют объекты трехмерных объектов, построенных в 3D Max для размещения в среде ВР. Внутри каждой сохраненной папки имеются файлы XML трехмерного объекта. Система автоматически проверяет XML-файлы и размещает их в базу.

Создание адреса (локации) нового размещения. В файле C:\VuServers\ServerBins\islands.xml существуют координаты мест размещения. Затем устанавливаются следующие координаты для адреса размещения:

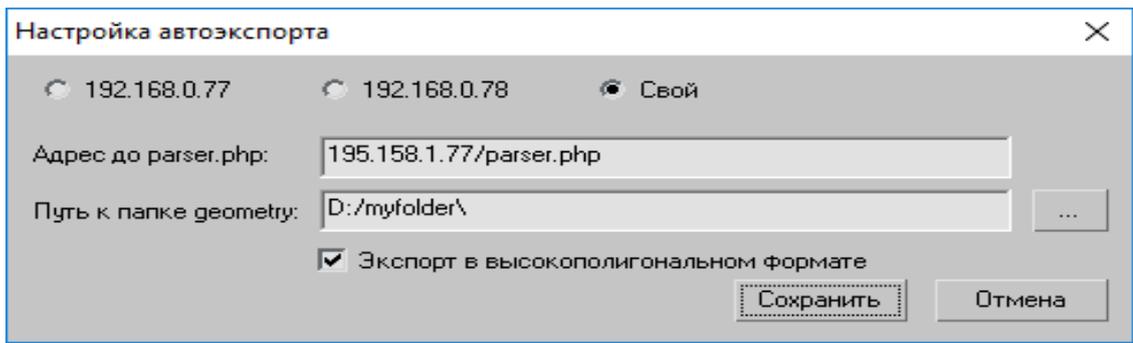
```
<название адреса размещения="Адрес размещения" type="1" изобр="uz.png"
точкаAX="106000" точкаAY="-34900" точкаBX="124900" точкаBY="
-53800" позAX="106621" состAY="-35521" состBX="124279" состBY="
-53179" изобрAX="9" изобр AY="9" изобрBX="265" изобрBY="265"/>
```

(рис. 8-11).



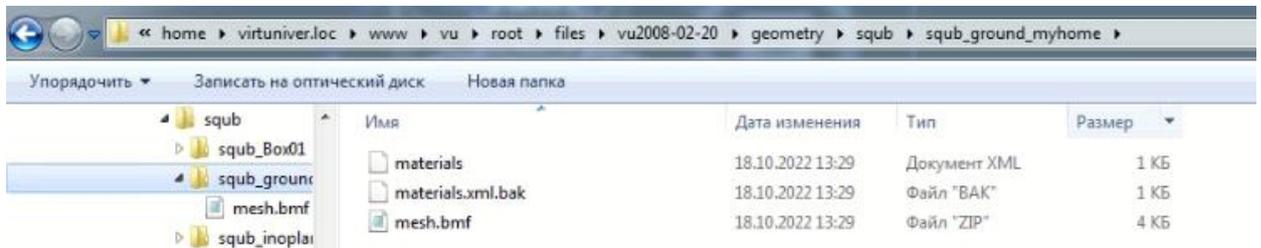
**Рис. 8. Количество и вид объектов 3D-модели.**

В рис. 8 описаны общие данные в графической ПС трехмерного объекта. Количество его полигонов составляет 48478, количество точек составляет 24321 ед.



**Рис. 9. Окно экспорта 3D-моделей заданных объектов в сервер на посредством плагина Autoexport to VirtualUniver.**

Созданные объекты сохраняются в локальном компьютере пользователя по адресу F:\WebServers5\home\virtuniver.loc\www\vu\root\files\vu2008-02-20\geometry\squb. Внутри папки \_squb для каждой модели имеются отдельные подпапки.



**Рис. 10. Количество файлов внутри архивной папки одного объекта после окончания процесса автоматического экспорта.**



**Рис. 11. 3D-модели объектов экстерьера и интерьера в образовательной среде виртуальной реальности.**

Опытные исследования показали, что новые пользовательские права (роли) отражаются для виртуальной среды в разных ролях. Представлены информационные IDEF-модели функциональных процессов, ER-диаграмма новых пользовательских прав (ролей) для виртуальной среды (рис. 12-14).



Рис. 12. Информационная IDEF0-модель сведений, сформированных в веб-интерфейсе.

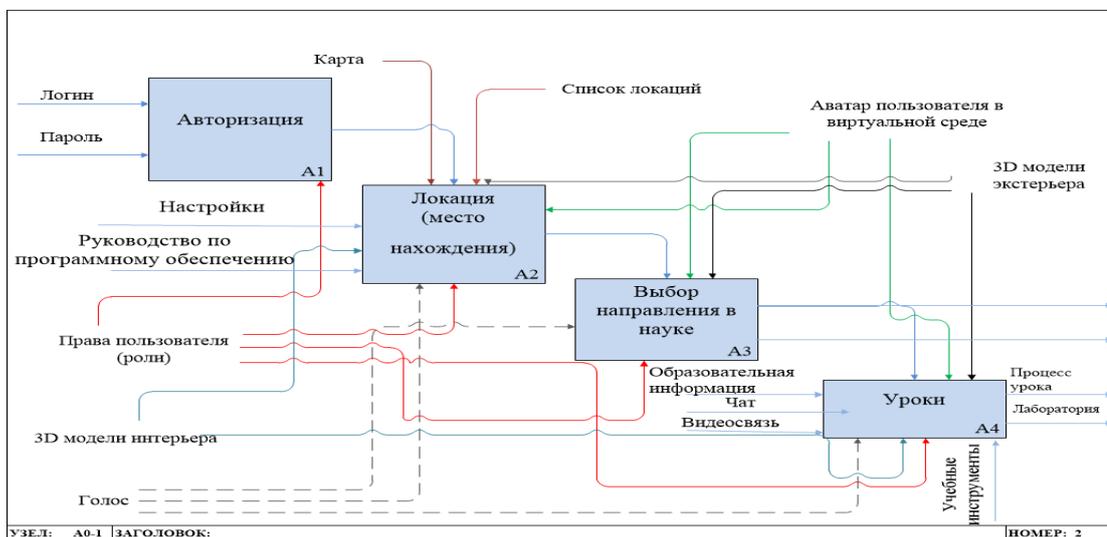


Рис. 13. Информационная IDEF0-модель программного средства клиента «vAcademia».

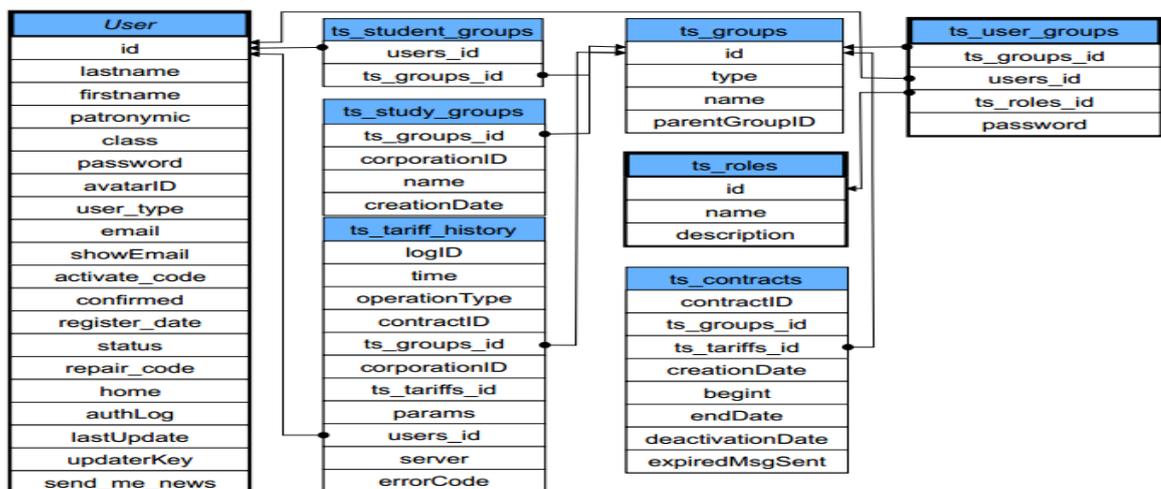


Рис. 14. ER-диаграмма новых пользовательских прав (ролей) для виртуальной среды.

Представлены результаты, полученные при запуске программного средства, которое предложено для решения практических задач, в системах 20 аппаратных конфигураций одинакового значения с процессорами Intel и графическими адаптерами Nvidia, ATI. В результате в каждой аппаратной конфигурации для каждого размера изображения по 10 раз запускалось данное средство. Для изображений по каждому разделу в центральном процессоре (ЦП) и потоковом процессоре (ПП) при прямом и обратном DWT (дискретной волновой замены) применении соотношение времени загрузки изображений в оперативной памяти представлено ниже (рис. 15-16).

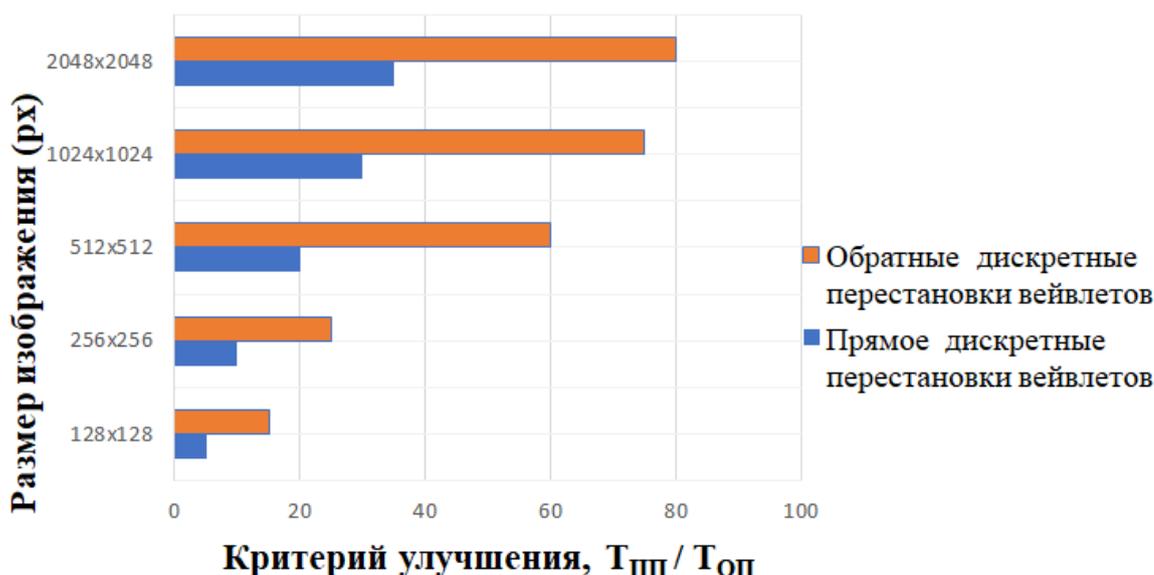


Рис. 15. Дискретные перестановки вейвлетов в ЦП и ОП.

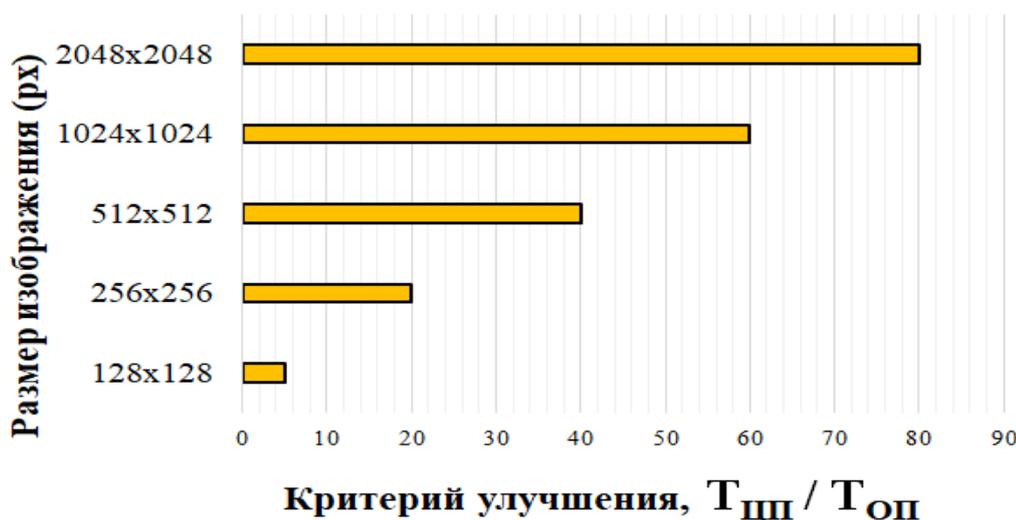


Рис. 16. Растривание векторных форм с атрибутами в ЦП и ОП.

В вычислительных экспериментах виртуальные среды создают учебную среду и за счет сокращения время на занятия позволяют повысить на 5% производительность и в несколько раз повысить интерес учащихся к занятию. В результате этого время, затрачиваемое на учебные занятия, сокращается в 2 раза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В качестве результатов, полученных после осуществления исследования, представлено следующее:

1. Для формирования цели и задач диссертационного исследования осуществлен анализ виртуальных университетских сред, применяемых в образовательном процессе, их возможности, преимущества и недостатки, основные понятия виртуальной среды, современное состояние методов применения систем виртуального образования, а также научных исследования по разработке общей национальной структуры 3D-университета.

2. Создан веб-интерфейс [vacademia.uz](http://vacademia.uz) для информационных ресурсов, составляющих множество системных сведений об идентификации пользователей, данных, услуг, сервисов.

3. Изучены форматы 3D-файлов трехмерных объектов для существующей среды VR, которые воспринимаются виртуальным миром и предложено применение соответствующего программного инструмента. Приведена ER-диаграмма участия в курсах среды виртуального мира базы графических данных в среде [vacademia.uz](http://vacademia.uz)

4. Приведены информационная IDEF0-модель функционального моделирования визуальных процессов формирования сведений в веб-интерфейсах перехода к виртуальной среде посредством клиентской виртуальной среды, информационная IDEF1-модель разработок и локаций для виртуальной среды на основе национального дизайна.

5. Для определения отношения объектов графического контента большого объема в виртуальной среде 3D-мира проверена загрузка дополнительных задач на постоянной основе в виртуальную среду в потоковые процессоры (ОП) и центральные процессоры (ЦП). В ЦП математический аппарат обработки 3D-графики был упрощен для акцентирования внимания на обработку только изображений. Получена математическая модель в виде системы дискретных уравнений обработки изображения в ЦП с учетом аппаратных ограничений и особенностей архитектуры ЦП формирования области

6. При организации виртуальной среды использованы методы построения выражений реляционной алгебры отношений по базе данных, а также разработано клиентское программное средство.

7. Разработанные математические модели, алгоритмы и программные средства внедрены в деятельность Агентства по информации и массовым коммуникациям, ООО «УЧДАВР», ООО «Виртуальные пространства» (Российская Федерация). В результате повысилась эффективность проведения выставок международного уровня, повысился интерес пользователей к занятиям в виртуальной среде, на 10-13% повысилась производительность, а также в 4 раза скорость отражения трехмерного объекта в виртуальном пространстве.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING SCIENTIFIC DEGREES  
DSc.13/30.12.2019.T.07.01 AT TASHKENT UNIVERSITY OF  
INFORMATION TECHNOLOGIES**

---

**TASHKENT UNIVERSITY OF INFORMATION TECHNOLOGIES**

**GIYOSOV ULUGBEK ESHPULATOVICH**

**CREATING 3D MODELS AND DEVELOPING A SOFTWARE TOOL FOR  
CREATING A VIRTUAL UNIVERSITY**

05.01.04 – Mathematical and software support of computers, complexes and computer networks

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY  
(PhD) ON TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2023**

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.3.PhD/T3082.

The dissertation has been prepared at Tashkent university of information technologies.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website (www.tuit.uz) and on the website of «Ziyonet» Information and Educational portal (www.ziyonet.uz).

**Scientific adviser:** **Nuraliev Fakhridin Murodillaevich**  
Doctor of Technical Sciences, Docent

**Official opponents:** **Kabulov Anvar Vasilovich**  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**Samandarov Batirbek Satimovich**  
PhD in Technical Sciences, Docent

**Leading organization:** **Tashkent State Technical University named after Islam Karimov**

The defense will take place « 17 » March 2023 at 14:00 on the meeting of Scientific Council No DSc.13/30.12.2019.T.07.01 at Tashkent University of Information Technologies (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur Street, 108. Tel.: (99871) 238-64-43, e-mail: iktuit@tuit.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of Tashkent University of Information Technologies (is registered under No 269 ). (Address: 100084, Tashkent city, Amir Temur Street, 108. Tel.: (99871) 238-64-70).

Abstract of dissertation sent out on « 01 » March 2023 y.  
(mailing report No 7 on « 10 » February 2023 y.).



  
**M.M. Musayev**  
chairman of the scientific council  
awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

  
**N.O. Rakhimov**  
Scientific secretary of scientific council  
awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Docent

  
**H.N. Zaynidinov**  
Chairman of the academic  
seminar under the scientific council  
awarding scientific degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract to PhD dissertation)

**The purpose of the research** is to develop algorithms for representing and visualizing 3D models of exterior and interior objects in a virtual university and to create a software tool for creating these models.

**The object of the research.** The focus of the research was on creating 3D models and developing a software tool for virtual universities in modern educational institutions.

**The scientific novelty of the research is as follows:**

A plugin for exporting 3D models to the virtual environment using the BMF (Basic Model Format) format.

A functional IDEF1x model of graphic database design, based on 3D models of exterior and interior objects in virtual educational environments.

Virtual exhibition and university 2D/3D visualization models, created using methods for depicting two and three dimensional primitives in virtual environments.

The design of the logical functional structure of a software tool for designing the virtual environment using 3D models of national objects within the vAcademia system.

**The practical results of the study are as follows:** models of the relationship of functional connection ER (Entity Relationship) of visual processes, models that make up relational relations of the structure of graphic data, a functional structure and a software tool for creating virtual environments for a virtual university, a software tool in the Uzbek language «vacademia.uz», designed to increase the activity of students in modern virtual 3D learning environments in educational institutions based on a software tool and functional structure for creating virtual environments for a virtual university and facilitating the learning process in a virtual three-dimensional environment designed on the basis of modern national landscape design.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results related to solving the problem of organizing a virtual university environment and creating 3D models:

A virtual exhibition based on three-dimensional primitives in the environment of virtual existence and a software tool developed based on 2D/3D visualization models of the national university was introduced to the activities of the Information and Mass Communications Agency under the Presidential Administration of the Republic of Uzbekistan «II Tashkent International Book Exhibition-Fair- 2020» was implemented in a virtual environment (Reference No. 11-4830 dated 14.11.2022 of the Information and Mass Communications Agency under the Presidential Administration of the Republic of Uzbekistan). As a result,

it is convenient and effective to conduct international-level virtual exhibitions, which allowed to increase the interest of users in the virtual environment;

In the virtual existence of an educational environment, based on 3D models of exterior and interior objects, a graph database, software for the IDEF1x model, a database development algorithm, and mathematical support, works of the company «UCHDAVR» LLC for creating virtual environments for the educational sector introduced into the process (Reference No. 11-4830 dated 14.11.2022 of the Information and Mass Communications Agency under the Administration of the President of the Republic of Uzbekistan). As a result, it made it possible to increase productivity by 10-13% and increase the speed of three-dimensional object representation in space up to 4 times;

The structural structure of the software tool for designing the virtual environment of national objects based on 3D models in the academic system has been introduced to the Russian Federation «Virtualnyeprostranstva» LLC of the Russian Federation (No. 11-4830 dated 14.11.2022 of the Information and Mass Communications Agency under the Presidential Administration of the Republic of Uzbekistan reference). As a result, on 20 hardware configurations of systems with Intel processors of the same value and Nvidia, and ATI graphics adapters, 10 runs were performed for each image size, and then the improvement achieved in the use of stream processors (OP) was the highest value of OP the ratio of its indicators to the highest indicators of the central processor (MP) made it possible to differ by no more than 2 times.

**The structure and scope of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references, and appendices. The total volume of the dissertation is 120 pages.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПUBLIKOVANNЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim (I часть; I part)**

1. Nuraliev F.M., Giyosov U.E., Anvarov B.M. Virtual 3D universitet o'quv jarayonini tashkil qilish modellarini yaratish. // TATU xabarleri ilmiy-texnik jurnali, ISSN 2010-985. – Toshkent, 2018. – № 3(47). – B.65-72 (05.00.00; №31)
2. Nuraliev F.M. Giyosov U.E., Development of software for creating organizational models of the educational process of a virtual 3D university. // Muhammad al-Xorazmiy avlodlari. –Toshkent, 2019. -№2(8). -pp.14-18. (05.00.00; №10)
3. Nuraliev F.M., Giyosov U.E., Jiyanov O.P. Integration of virtual reality and 3D modeling use of environments in education. // 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). –Toshkent, – 2019, .-pp. 226-230. (05.00.00; 30.09.2019 №269/8-son rayosat qarori)
4. Nuraliev F.M., Giyosov U.E. and Yoshihiro Okada. Enhancing Teaching Approach with 3D Primitives in Virtual and Augmented Reality. // Intelligent System for Industrial Automation” (WCIS-2020). Advances in Intelligent Systems and Computing, Volume- 1323. Springer, Cham.–Toshkent, -pp. 155-163. (№4; Citation Reports; IF=0.606)
5. Nuraliev F.M., Giyosov U.E., Kenjaboev K.B. Integration of virtual reality and 3D modeling use of environments in education. // 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). –Toshkent, – 2020, .-pp. 524-530. (05.00.00; 30.10.2020 №287/9-son rayosat qarori).
6. Giyosov Ulugbek, Bhargava Sandeep, F M Nuraliev. Modern technology enhanced adaptive and cognitive learning in the virtual reality environment. // Farg'ona politexnika instituti ilmiy-texnika jurnali. Vol. 24, Iss.6., pp.70-80. (05.00.00; №10)
7. Nuraliev F.M., Giyosov U.E. Modern teaching approach: virtual reality and 3D modeling. // Toshkent shahridagi Turin politexnika universiteti xabarnomasi. №11(1). -pp. 44–48(05.00.00; №25)
8. Giyosov U.E. Based on the obtained virtual reality environment in the education system Namangan muhandislik-texnologiya instituti ilmiy-texnika jurnali. // ISSN 2181-8622. Namangan-2021. Vol 6, Issue (1). -pp. 305-311 (05.00.00; №33)
9. Nuraliev F.M., Giyosov U.E., Usmonov A.I., Aliyev A.M. Implementation of the R-Function for virtual environment objects of the simple shapes // 2021 International Conference on Information Science and Communications

Technologies (ICISCT). –Toshkent,–2021, pp. 01-05. (05.00.00; 30.10.2021 №308/6-son rayosat qarori).

10. Giyosov U.E. O‘zbekistonda milliy virtual universitet: muvaffaqiyat faktorlari va rivojlantirish istiqbollari // O‘zbekiston milliy axborot agentligi, O‘zA Ilm-fan bo‘limi (elektron jurnal). Toshkent- 2021.-B. 332-341 (OAK rayosatining 2019-yil 28-martdagi 263/7.1 va 263/7.4-son qarori)

## **II bo‘lim (II часть; II part)**

11. Nuraliev F.M., Giyosov U.E. Develop to teaching approach 3D primitives with virtual reality // Tadqiqot.uz “Texnika fanlari” tadqiqotlar ilmiy jurnali. ISSN 2181-9696. Toshkent-2020. №5, Vol.3 DOI:10.26739/2181-9696-2020-5-5.-B.32-39

12. Morozov M.N., Nuraliev F.M., Hamidov V.S., Giyosov U.E. Placing a custom 3D object in the virtual world environment // Journal of Advances in engineering technology. Navoiy-2020. Vol. 2, № 2.. DOI:10.24412/2181-1431-2020-2-3-8.-P.3-8

13. Nuraliev F.M., Giyosov U.E. Interactive virtual learning in the virtual world // Proceeding of International Multidisciplinary Scientific Remote Online Conference on Innovative Solutions and Advanced Experiments, In association with Novateur Publication India’s, ISSN:2581-4230, Impact Factor-5.785, June 18 & 19 th, 2020.-P.302-305

14. Giyosov U.E. Implement and improve virtual reality environment in the Republic of Uzbekistan // VI International Scientific and Practical Conference «Global Science and Innovations 2019: Central Asia», ISBN 978-601-341-186-6. Kazakhstan-2021. №6 -C. 225-232

15. Giyosov U.E. Milliy virtual universitetni yaratish va qo‘llash istiqbollari // Xalqaro ilmiy jurnallar portali “O‘zbekistonning umidli yoshlari” mavzusidagi Respublika ilmiy talabalar, magistrilar yosh-tadqiqotchilar va mustaqil izlanuvchilar uchun masofaviy konferensiyasi. Toshkent-2021.-B.184-186

16. Nuraliev F.M., Giyosov U.E., Virtual borliqda zamonaviy 3D modellashtirish algoritmlarini vizuallashtirish // Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti “Iqtisodiyotning tarmoqlarini innovatsion rivojlanishida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining ahamiyati” mavzuidagi Respublika ilmiy-texnik anjumani. Toshkent- 2021 yil. -B.218-221

17. Nuraliev F.M., Giyosov U.E. On the design of virtual reality environments in education // VIII International scientific-technical and scientific-methodical conference «Actual problems of infotelecommunications in science and education» (<http://apino.spbgut.ru/old/apino8>), №8 (ISBN 978-5-89160-188-8). Russia - 2019. -C.5-13

18. Nuraliev F.M., Giyosov U.E., Ibodullayev S.N. A variety of virtual reality implementations for creative learning // VI International Scientific and Practical Conference «Global Science and Innovations 2019: Central Asia» ISBN 978-601-341-186-6. Kazakhstan-2019. №6.-C. 334-338
19. Nuraliev F.M., Giyosov U.E., Anvarov B.M. Virtual borliq texnologiyalari asosida o'quv jarayonini // "Matematik modellashtirish, algoritmlash va dasturlashning dolzarb muammolari" respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to'plami". Toshkent-2018. -B. 375-380
20. Nuraliev F.M., Giyosov U.E. Enhancing immersiveness into 3D virtual environment // "Hozirgi sharoitda yuqori malakali kadrlarni tayyorlashda o'qitishning zamonaviy tizimlari va texnologiyalarini qo'llash masalalari" Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti professor-o'qituvchilarining respublika ilmiy-uslubiy konferensiyasi. Toshkent -2021.-B.255-257
21. Giyosov U.E, Turaeva N.H. Virtual olamda interfaol virtual ta'lim olish samaradorligi ahamiyati // "Umumiy o'rta ta'lim sifatini oshirish: mazmun, metodologiya, baholash va ta'lim muhiti" xalqaro onlayn ilmiy-amaliy konferensiya materiallari.Toshkent- 2020.-B.617-619
22. Giyosov U.E., Ochilov R.O., Xudoyberdiyev B. Virtual reallik texnologiyalarining ta'limda qo'llanilishi // Professor-o'qituvchilar va talabalarning "XIV ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to'plami". Samarqand- 2019.-B.7-9
23. Nuraliev F.M., Giyosov U.E, Jiyanov O.P. Virtual ta'lim muhitining 3D geometrik modellarini loyihalash // Reports of the Republican scientific and technical conference "Current state and prospects for the use of information technologies in management", Samarqand-2019.- pp.442-448
24. Giyosov U.E, Temirov N.O. О проектировании сред виртуальной реальности в образовании // Professor-o'qituvchilar va talabalarning "XIV ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to'plami". Samarqand-2019. -B.9-11
25. Nuraliev F.M., Giyosov U.E., Turaeva N.H. Recent developments in virtual reality for the educational system // "Matematika va informatikaning zamonaviy muammolari" respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari. Farg'ona-2019. -B.200-202
26. Giyosov U.E. Virtual 3D ta'lim muhitini loyihalashtirish // "Zamonaviy axborot kommunikatsiya texnologiyalari va innovatsion g'oyalarni joriy qilish" mavzusidagi Muhammad al-Xorazmiy nomidagi axborot texnologiyalari universiteti professor o'qituvchilarining XIII ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to'plami. Samarqand-2017. -B. 21-23

27. Nuraliev F. M., Giyosov U.E., Anvarov B.M. Virtual ta'lim muhitining 3D geometrik primitivlarini ishlab chiqish dasturiy ta'minoti // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligining elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnomasi № DGU 06382, 15.05.2019
28. Nuraliev F. M., Giyosov U.E., Virtual borliqda eksteryer va interyer 3D modellarini yaratish (geometrik modellashtirish) dasturiy ta'minoti // O'zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi huzuridagi Intellektual mulk agentligining elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturning rasmiy ro'yxatdan o'tkazilganligi to'g'risidagi guvohnomasi № DGU 10399, 10.03.2021

Avtoreferat «Muhammad al-Xorazmiy avlodlari» O‘zbekiston ilmiy jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazildi hamda o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlarini mosligi tekshirildi (15.12.2022).

