

 <https://dx.doi.org/10.36522/2181-9637-2023-3-2>

UDC: 004.358(045)(575.1)

3D TEXNOLOGIYALAR ASOSIDAGI MILLIY VIRTUAL UNIVERSITET TIZIMIGA 3D OBYEKTЛАRNI JOYLASHTIRISH VA QURISH

Nuraliyev Faxriddin Murodillayevich,

texnika fanlari doktori, "Audiovizual texnologiyalar" kafedrası professori,
ORCID:0000-0002-0574-9278, e-mail: nuraliev2001@mail.ru;

Giyosov Ulug'bek Eshpulatovich,

texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD),
"Audiovizual texnologiyalar" kafedrası katta o'qituvchisi,
ORCID: 0000-0002-9419-5392, e-mail: bek99989@gmail.com

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Kirish

Mazkur maqolada dunyoning yetuk olimlari tomonidan virtual olamda virtual elektron resurslardan foydalanish, 3D texnologiyalarga asoslangan virtual elektron formatdagi materiallarning ta'lim jarayonidagi o'rni, qiymati, yetarlilik darajasi, ta'lim tizimida virtual reallik elementlarini qo'llash, ta'limda VR muhitlardan foydalanish tizimlarini yaratish bo'yicha qo'yilgan talablar tahlil qilindi. Bundan tashqari, olimlar tomonidan ishlab chiqilgan tavsiyalar o'rganildi. Jahonga mashhur yetakchi firma va ilmiy tadqiqot markazlari tomonidan ta'lim sohasi uchun yaratilgan Altspace VR, IMVU, Active Worlds, Second Life, vAcademia, Virbela virtual universitet tizimlarining apparat va dasturiy vositalari imkoniyatlari va ishlash prinsiplari tadqiq etildi. Ularning tashkil etilishi va virtual universitet tizimlari modellari tahlil etildi. Dunyo olimlari tajribasidan kelib chiqib, ular algoritmlari negizida o'zbek tilidagi 3D texnologiyalar asosida axborot texnologiyalari bo'yicha milliy virtual universitet tizimi ishlab chiqildi. Ushbu model-lar tahlili natijasida milliy obyektlarning 3D modellari asosida virtual ta'lim muhiti das-

Annotatsiya. Maqolada virtual reallik tizim-larining qo'llanilish sohalari va tarkibi, virtual ta'lim muhiti platformalari va qiyosiy tahlili nati-jalari, ularning virtual elektron formatdagi o'quv kontentlarini namoyish etishdagi roli yoritilgan. Tadqiqot predmetini virtual muhitlarda obyektlarning 3D modellarini geometrik modellash-tirish, vizuallashtirish usullari hamda dasturiy vosi-talari tashkil etadi. Tadqiqotning maqsadi virtual universitet tashkil qilishda eksteryer va interyer obyektlarning 3D modellarini tasvirlash va vizual-lashtirishni shakllantiruvchi algoritmlari hamda virtual universitet tashkil qilishda 3D modellarini yaratish dasturiy vositasini ishlab chiqishdan ibo-rat. Tadqiqotning ilmiy yangiligi sifatida vizual-lashtirishda 3D obyektlarni geometrik model-lashtirishda yangi usullar, ya'ni konstruktiv man-tiqiy-algebraik R-funksiya usuli (RFM) taklif eti-ladi. Tadqiqotning amaliy natijalari asosida ta'lim muassasalarida o'qitishning zamonaviy virtual 3D muhitlarda bilim oluvchilarning faolligini oshirish-ga mo'ljallangan va bu orqali zamonaviy milliy landshaft dizayn bilan loyihalashtirilgan virtual uch o'lchovli muhitda o'qitish jarayoniga ko'mak-lashuvchi o'zbek tilidagi "vAcademia.uz" dasturiy vositasi ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: virtual reallik, uch o'lchov, vir-tual 3D universitet, virtual muhit, virtual ta'lim muhiti, R-funksiya, R-funksiya usuli (RFM), virtu-al 3D ta'lim olami, vAcademia, Second Life.

**РАЗМЕЩЕНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ
3D-ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМЕ
НАЦИОНАЛЬНОГО ВИРТУАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА НА ОСНОВЕ
3D-ТЕХНОЛОГИЙ**

Нуралиев Фахриддин Муродиллаевич,
доктор технических наук, профессор кафедры
аудиовизуальных технологий;

Гиёсов Улугбек Эшпулатович,
доктор философии по техническим наукам (PhD),
старший преподаватель кафедры
аудиовизуальных технологий

Ташкентский университет информационных
технологий
имени Мухаммада аль-Хорезми

Аннотация. В статье рассматриваются области применения и содержание систем виртуальной реальности, результаты сравнительного анализа платформ виртуальной образовательной среды и их роль в представлении образовательного контента в виртуальном электронном формате. Предметом исследования является геометрическое моделирование, методы визуализации и программные средства 3D-моделей объектов в виртуальных средах. Целью исследования является разработка алгоритмов представления и визуализации 3D-моделей объектов экстерьеры и интерьера в организации виртуального университета, а также программного средства создания 3D-моделей в организации виртуального университета. Научная новизна исследования заключается в том, что предлагаются новые методы геометрического моделирования трехмерных объектов в визуализации, т. е. конструктивный логико-алгебраический метод *R-функций* (RFM). Практические результаты исследования направлены на повышение активности обучающихся в современных виртуальных трехмерных средах в образовательных учреждениях на базе разработанного программного средства *vAcademia.uz* на узбекском языке и тем самым на поддержку учебного процесса в виртуальной трехмерной среде, спроектированной на основе современного отечественного ландшафтного дизайна.

Ключевые слова: виртуальная реальность, 3D-измерения, виртуальный 3D-университет, виртуальная среда, виртуальная образовательная среда, *R-функция*, метод *R-функций* (RFM), образовательный виртуальный 3D-мир, *vAcademia*, *Second Life*.

turiy ta'minoti mantiqiy funksional tuzilmasining yagona umumiy modeli tavsiya etildi.

Virtual muhitlar 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 boshqalarining ilmiy ishlari diqqatga sazovordir.

Ushbu milliy virtual 3D universitet tizimining maqsadi respublikamizdagi barcha OTMlari, xalq ta'limi, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari, ishlab chiqarish, ijtimoiy va boshqa sohalar, professor-o'qituvchi va talabalarni masofadan bog'lash, virtual elektron formatdagi o'quv kontentlarini namoyish etish, tajriba va bilim almashish uchun noyob raqamli milliy platformani taqdim etishdan iboratdir. Bu tizim ta'lim oluvchilarning bilim faolligini oshiradi, o'quv jarayonini yanada yorqinroq va qiziqarli qiladi.

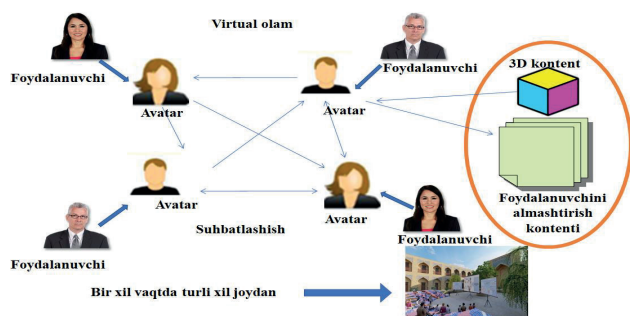
Ishlab chiqilgan milliy virtual 3D universitet tizimi internet tarmog'iga joylashtiriladi hamda O'zbekiston OTMlariga virtual tashrif buyurish, virtual o'quv jarayonida qatnashish va virtual mashg'ulotlarda o'z bilim darajasi-ni sinab ko'rish imkoniyatini beradi.

Milliy virtual 3D universitet tizimida-gi virtual o'quv auditoriya xonalari haqiqiy hayotdagi o'quv xonasidek, o'qituvchilar va talabalar dars mashg'ulotida uch o'lchovli personaj avatari bilan qatnashadi, virtual mashg'ulotlar esa an'anaviy hayotiy mashg'ulotlar ko'rinishida bo'ladi. Mazkur tizim elektron ta'lim texnologiyalaridan butkul farq qiladi. Unda o'qituvchilar va talabalar ta'limning "Kompyuter" shakllariga moslashadilar: matnli yoki vebinarli. Boshqa tomondan, virtuallik odatdagi mashg'ulot imkoniyatlarini kengaytirishga imkon beradi. Masalan, siz shifoxonada, bankda, sudda, tarixiy obidalarda dars o'tishingiz mumkin. Bundan tashqari, Tojmahal, Registon, Mars, Oy yoki Parijda xorijiy tilda dars bera olasiz. Ushbu milliy virtual 3D universitet tizimi barcha ishtirokchilarga interaktiv va vizual-lashgan o'yin texnologiyalariga asoslangan

virtual ta'lim muhitida fanlarni o'rganish kontentini uzatish, qiziquvchilarning virtual olamdagi tajribalari va o'zaro hamkorlik orqali yetarli darajada o'rganish imkoniyatini beradigan milliy virtual o'yin muhitini yaratadi (Fominykha, Prasolova-Forland, Morozov, & Smorkalov), (Luebke), (Nuraliev, Giyosov, & Anvarov, 2018), (Nuraliev & Giyosov, Virtual 3D universitet o'quv jarayonini tashkil qilishda eksteryer modellari yaratish [Creation of exterior models in the organization of the virtual 3D university educational process], 2020).

Virtual 3D universitet muhitlari uchun obyektlarning uch o'lchovli modellari, xususan, eksteryer va interyerlar dizayni, geometrik modellari yaratish hamda ularning kompyuterli modellari ishlab chiqishni o'z ichiga oladi. Virtual xaritada har bir ta'lim muassasasining 3D modellari loyihasi maketi kiritilib, boshqa ta'lim muassasasiga vaqt va zamon oralig'ida bir makondan ikkinchi makonga teleportatsiya funksiyasi yordamida o'tish mumkinligi ko'rsatiladi.

O'zbek tilida virtual 3D universitet konstruktor uch tilda ishlab chiqiladi: o'zbek, rus va ingliz. Zamonaviy virtual 3D universitet konstruktor dasturiy vositasi yanada murakkabroq masalalar, jumladan, virtual ssenariy va sahnalar tuzish, virtual makonda interaktiv 3D simulyatsiyalar bilan kurslar yaratish, axborotni taqdim etishda qulay interfeysli virtual stend, obyektlarning 3D modeli sifat ko'rsatkichini yo'qotmasdan ta'sir etish, obyektlarning 3D modeli poligonlar sonini soddalashtirish kabi masalalarni ham hal etadi.



1-rasm. Ta'limga oid virtual muhitda F2F modeli asosida o'qitish jarayonini amalga oshirish

PLACEMENT AND CONSTRUCTION OF 3D OBJECTS IN THE SYSTEM OF THE NATIONAL VIRTUAL UNIVERSITY BASED ON 3D TECHNOLOGIES

Nuraliev Fakhridin Murodillaevich,
Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Department of Audiovisual Technologies;

Giyosov Ulugbek Eshpulatovich,
Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD),
Senior Lecturer of Department of Audiovisual
Technologies

Tashkent University of Information Technologies
named after Muhammad al-Khwarizmi

Abstract. The article discusses the fields of application and content of virtual reality systems, the results of a comparative analysis of virtual educational environment platforms, and their role in presenting educational content in a virtual electronic format. The subject of research is geometric modeling, visualization methods and software tools of 3D models of objects in virtual environments. The purpose of the research is to develop algorithms for the representation and visualization of 3D models of exterior and interior objects in the organization of a virtual university, as well as a software tool for creating 3D models in the organization of a virtual university. Scientific novelty of the research, we offer new methods for geometric modeling of 3D objects in visualization, i.e. constructive logic-algebraic R-function method (RFM). The practical results of the research are aimed at increasing the activity of learners in modern virtual 3D environments in educational institutions based on the software tool, and thereby supporting the teaching process in the virtual three-dimensional environment designed on the basis of modern national landscape design in the Uzbek language "vAcademia.uz" software was developed

Keywords: virtual reality, three dimension, virtual 3D university, virtual environment, virtual educational environment, R-function, R-function method (RFM), educational 3D virtual world, vAcademia, Second Life.

Xorijiy ITning 100 ta universitet talabalari o'rtasidagi so'rovnoma asosan, virtual ta'lim an'anaviy kurslardagi materiallarni kompyuter materiallariga almashtirmaydi. Balki 40-50 % o'quv materiallari instruktor

(tyutor) tomonidan ta'minlanadi, qolganlari o'zaro hamkorlik orqali, ya'ni talabalar asosiy o'quv materiallarini mustaqil o'rganadi (Nuraliyev, G'iyosov, & Ibodullayev, 2022), (Nuraliyev, G'iyosov, & Aliyev, Virtual 3D universitet o'quv jarayoni uchun Ko'kaldosh madrasasini uch o'lchovli geometrik modellash [Three-dimensional geometric modeling of the Kokaldosh madrasa for the virtual 3D university educational process], 2022).

Bugungi kunda xorij mamlakatlarida virtual ta'limni baholab boradigan bir qator tizimlar mavjud. Jumladan, Vizerra, AltSpaceVR, SecondLife.com, vAcademia.com, Virbela.org, IMVU.com, Classvr.com, Sansar va boshqalar.

Vizerra – dunyodagi birinchi virtual 3D ta'lim platformasi bo'lib, avatar (foydalanuvchi)larga turli tarixiy joylarga Eski shahar maydoni, Makchu-Pikchu va Angkor Vatga to'g'ridan-to'g'ri kompyuteringizdan virtual sayohat qilish imkonini beradi. Mazkur platforma qiziquvchan, lekin ma'lum bir manzilga sayohat qilish uchun pul sarflashni istamaydigan yigit-qizlar uchun foydalidir. Platformada yuqori sifatli 3D ko'rinishlarini taqdim etishdan tashqari, nufuzli nashriyotlar va muzeylar tomonidan batafsil tavsiflangan audio qo'llanmalarni ham taqdim etadi. Har bir model keng qamrovli tavsifga ega. Bu har bir avatarga tarix, madaniyat va boshqa ko'plab sohalarga oid kerakli ma'lumotlar beradi.

IMVU – bu onlayn metaverse va ijtimoiy tarmoq bo'lib, unda foydalanuvchilar 3D avatarlarini yaratishlari, ulanishlari va butun dunyo bo'ylab boshqa odamlar bilan 3D formatida suhbatlashishlari mumkin. IMVU platformasi Ventures, AllegisCyber Capital, Bridgescale Partners va Best Buy Capital kompaniyalari investorlari tomonidan 2004-yilda asos solingan bo'lib, undan 3D avatarlar bilan tanishish, suhbatlashish, yaratish va o'yin o'ynash uchun foydalanadilar. Platforma 2014-yilda to'rt milliondan ortiq faol foydalanuvchiga ega edi. Hozirgi kunda faol o'yinchilar soni 6 millionni tashkil etadi va saytda 40 milliondan ortiq mahsulotning eng katta virtual tovar katalogi mavjud.

Second Life – ijtimoiy tarmoq elementlariga ega uch o'lchamli virtual dunyo bo'lib, unda hozir 1 milliondan ortiq faol foydalanuvchilar mavjud. Second Life o'z auditoriyasini kengaytirish va talabalariga ta'lim olish uchun ko'proq interfaol imkoniyatlar taqdim etish istagida bo'lgan pedagoglar uchun ham nihoyatda zaruriy instrumentga aylandi. Ko'plab universitetlar va kompaniyalar Second Lifedan ta'lim uchun foydalanib kelmoqdalar. Garvard va Oksford universitetlari shular jumlasidan. 2007-yildan Second Life'dan xorijiy tillarni o'rganish maqsadida keng foydalanilmoqda.

*AltSpaceVR*ga Microsoft kompaniyasi tomonidan 2013-yilda asos solingan bo'lib, platforma yozuvlarini yozib olish uchun ijtimoiy virtual ko'rinishdagi muhitdir. Bugun u jonli voqealarning virtual reallikda haqiqiy takrorlanishini taklif qiladi (Jeon & Choi, 2011).

Sansar – San-Fransiskoda joylashgan Linden Lab firmasi tomonidan ishlab chiqilgan va hozirda San-Fransiskodagi Wookey Project firmasiga tegishlidir. Ushbu platforma 2017-yil 31-iyulda keng omma uchun "Ijodkor beta" versiyasida ishga tushirildi. Platforma foydalanuvchi tomonidan yaratilgan 3D virtual maydonlar yaratish imkonini beradi. Bu yerda odamlar o'yin o'ynashi, video tomosha qilishi va virtual olamda suhbat o'tkazishi, shuningdek, interaktiv ijtimoiy tajribalar yaratishi va fikr almashishi mumkin. Har bir real ishtirokchi avatar timsolida gavdalanadi.

vAcademia Rossiya dasturchilari tomonidan ishlab chiqilgan uch o'lchovli virtual ta'lim muhitidir. VRdagi virtual o'quv auditoriya xonalari haqiqiy o'quv xonasidek, o'qituvchilar va talabalar dars mashg'ulotida uch o'lchovli avatar (personaj) bilan qatnashishadi, virtual mashg'ulotlar esa an'anaviy mashg'ulotlar ko'rinishida bo'ladi. Mazkur virtual ta'lim dars mashg'ulotlarini 3D yozib olish qobiliyatiga ega. Yozib olingan mashg'ulotlarda birma-bir yoki guruh bo'lib kirib, vizual qatnashish mumkin. Sinxron mashg'ulotlardan farqli o'laroq, yozib olingan darslarni tahrirlash mumkin (Morozov, Gerasimov, Fominykh, & Smorkalov, 2013).

1-jadval

3D virtual reallik platformalari tahlili

Virtual reallik platformalari turlari	Cross platforma va dasturlash tili	Foydalanuvchilar soni (ming)	Ochiq kodli DT	Foydalanish imkoniyati va 3D obyektlarni qo'llashi	Tizimga kirish usuli va ta'lim vositalari	Obyektlar va teksturalar uchun ochiq formatlar	Dasturlashtirish imkoniyati	Foydalanish tarmoq turi	Ta'limning boshqaruvchi tizimlar bilan integratsiyasi	Avatarlardan foydalanish imkoniyati
Altspace VR	Mac OS, Windows, C#	35 000	+	Qiyin, ha	Tekin, bor	Stl, Obj, gltf	-	ijtimoiy	-	ha
Second Life	Windows, Mac, Linux, C++	900 000	-	O'rtacha, ha	Shaxsiy, Sloodle	Dae	-	ijtimoiy	Sloodle	ha
IMVU	Windows 10, Mac OS X, Linux, Java va PHP	200 000	-	Oson, ha	Shaxsiy yo'q	fbx, dmg	-	o'yin o'ynash	LMS	ha
vAcademia	Windows, Mobil OS, Js	170 000	+	Qiyin, ha	Tekin va to'lov orqali, bor	Collada, Dae, Skp, Obj	+	ta'lim	Moodle	ha
Virbela	Windows, Mac, Linux and Android, C#	10 000	-	Oson, yo'q	Tekin, bor	3ds	-	Ta'lim va ko'rgazma	-	ha
Active Worlds	Windows, OS X, Linux, C	70 000	-	Qiyin, ha	Yo'q, Maxsus VB nomi AWEDU	rwX	+	Shaxsiy va biznes	-	ha

Virbela – bugungi kunda tashkilotlar, masofadan ishlaydigan ishchilar va o'quvchilar duch keladigan real muammolarning virtual yechimini ta'minlash uchun ishlab chiqilgan.

ClassVR – maktablar uchun maxsus ishlab chiqilgan bo'lib, intuitiv imo-ishoralarni boshqarish, ulkan kontent kutubxonasi va o'qituvchilarni boshqarish portali bilan jihozlangan dunyodagi birinchi to'liq virtual va kengaytirilgan haqiqat to'plamidir. Ushbu platforma maktablar, kollejlari va universitetlarning o'qituvchilari o'z o'quvchilari bilan erishgan yutuqlarini virtual olam muhitida virtual va kengaytirilgan haqiqat texnologiyalaridan foydalanib yetkazadi.

Virtual 3D ta'limning o'ziga xos tomoni universitetlarning tashkiliy tuzilmalarini birlashtirishdir. Shunday qilib, so'nggi yillarda

universitetlarning virtual 3D ta'lim tizimining yangi turdagi birlashmasi shakllandi (Lisnyak & Gomenyuk, 2009), (Nuraliyev, Giyosov, & Anvarov, Virtual 3D universitet o'quv jarayonini tashkil qilish modellarini yaratish [Creation of virtual 3D university educational process organization models], 2018).

Virtual muhitlar uchun 3D obyektlarni vizuallashtirishning soddalashtirilgan bosqichlarini ishlab chiqish. Hozirgi kunda eng moslashtirilgan obyekt tasvirlaridan biri voksellash yoki 3D rasterlash orqali olingan voksel modelidir. Vokseldagi element qiymati tasvir elementidagi nuqta singari bir xil bo'ladi. Vokselda ko'pgina ilovalarda mavjud bo'lgan modellashtirish, grafik va fizik simulyatsiya qiymati orqali 3D modellar hosil qilinadi.

Shunday qilib, jarayon voksellashtirilgan 3D model elementlari to'plamini, haqiqatan ham, yashirin ma'lumotlar to'plami sifatida boshqaradi. To'g'ri, biz ichki qismi kerak bo'lmagani uchun, asosan, tashqi ko'rinish bilan ishladik. Agarda R-funksiya usuli bilan vizuallashtiradigan bo'lsak, silliq qilish uchun juda ko'p voksel kerak bo'ladi va obyekt hajmi katta bo'lib ketadi (bu ancha vaqtni oladi va sodda usul emas). Shuning uchun biz R-funksiya usulidan foydalanib, obyektни qurish jarayonini ko'rib chiqdik (Fakhriddin, Ulugbek, Akbarjon, & Azizbek, 2021), (Lisnyak & Gomenyuk, 2009).

R-funksiya usuli (RFM) yordamida 3D obyektlarni qurishda quyidagi muammolar tahlil qilindi va quyidagi modellar Vpython kutubxonasi yordamida vizuallashtirildi. Voksel bilan modellashirishda asosiy kamchilik shundaki, modellashirish jarayonlari uchun vaqt sarfi va xotira hajmi ko'payishi hisobiga ish unumdorligi pasayadi. Buning asosiy sababi modelning ichki tuzilishi to'la (bo'shliqlar yo'q). Uch o'lchovli obyektни vizuallashtirish jarayonida RFM-funksiya usuli yordamida sohaning butun maydoni tekshiriladi; 3D model boshqa 3D grafik DT paketlarga import qilinganda, voksellar soni ortadi va 3D modelning sifati yo'qoladi.

R-funksiya usuli (RFM)dan foydalangan holda, uch o'lchovli obyektни vizuallashtirishda soddalashtirilgan holati, shuning natijasi-da umumiy 3D obyekt geometrik primitivlarini konstruktiv kombinatsiyalaridan tashkil topgan (Nazirov, Muxamedieva, Nuraliev, & Ne'matov, 2020), (Nuraliev, Nazirov, & To'rayev, Kompyuter grafikasi va dizayn [Computer graphics and design], 2015).

Bunda (1) birlashtirilgan umumiy formula:

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

Bunda:

$$f_1 = a^2 - x^2 \geq 0, f_2 = b^2 - y^2 \geq 0,$$

$$f_3 = c^2 - z^2 \geq 0.$$

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

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

$$f_6 = (c - n)^2 - z^2 \geq 0.$$

$$\omega_{4,6} = f_4 \wedge f_5 \wedge f_6;$$

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

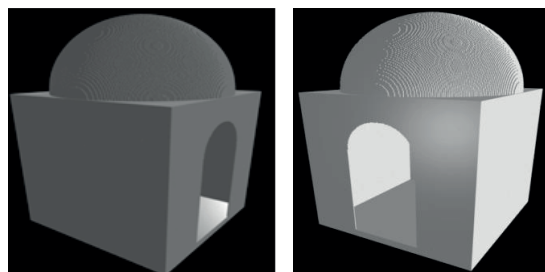
$$f_9 = n^2 - (z - (c - n))^2 - y^2 - x^2 \geq 0$$

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

$$f_{11} = R^2 - x^2 - (y + R)^2 - z^2 \geq 0,$$

$$f_{12} = (R - n)^2 - x^2 - (y + R)^2 - z^2 \geq 0,$$

$$\omega_{11,12} = f_{11} \wedge \overline{f_{12}}$$



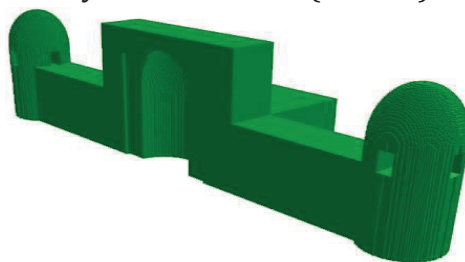
2-rasm. R-funksiya usuli (RFM) asosida sodda uch o'lchovli obyekt qurish

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

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

$$\overline{\omega_{20} \wedge \overline{\omega_8 \vee_0 \omega_9 \wedge \overline{\omega_{11} \vee_0 \omega_{12}}}}$$

Bunda (2) formuladagi umumiy 3D obyekt to'g'ri burchakli parallelepiped, silindr, ellips kabi primitivlarning konstruktiv kombinatsiyalaridan iborat (3-rasm).



3-rasm. R-funksiya (RFM)dan foydalangan holda, murakkab uch o'lchovli obyektning vizuallashtirishda soddalashtirilmagan holati

Yuqoridagi tahlil va natijalar asosida V.L. Rvachevning R-funksiya usuli (RFM) foydalanib, murakkab uch o'lchovli obyekt (3) formula ko'rinishida vizuallashtirishning soddalashtirilgan tenglamasi ishlab chiqildi:

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

Bunda:

$$f_1 = (a - w)^2 - (x - a_1)^2 \geq 0,$$

$$f_2 = (b - w)^2 - (y - b_1)^2 \geq 0,$$

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

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

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

$$f_4 = (R - w)^2 - (x - a)^2 - (z - c)^2 \geq 0,$$

$$f_5 = (b - y) \geq 0,$$

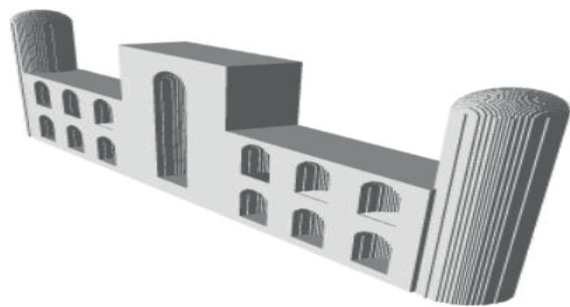
$$f_6 = -z + c_1 \geq 0,$$

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

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

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

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



4-rasm. R-funksiya (RFM)dan foydalangan holda, murakkab uch o'lchovli obyektning vizuallashtirishda soddalashtirilgan holati

Bunda umumiy (3) formuladagi 3D obyekt to'g'ri burchakli parallelepiped, silindr, sfera kabi primitivlarning konstruktiv kombinatsiyalaridan iborat.

2- va 3-rasmdagi modellarni koordinatasiz loyihalashtirganimizda, modelni chizish vaqti va vaqtinchalik xotira hajmi ortadi. Tadqiqotni amalga oshirishdan olingan natijalar

asosida uch o'lchovli modelni chizish uchun koordinatalarni alohida faylga saqlab, so'ngra uni chizish ancha samarali bo'ldi (4-rasm). R-funksiya usuli (RFM) yordamida chizilgan 3D obyektlar Core i3 va undan yuqori konfiguratsiyali kompyuterlarning parametrlariga bog'liq. Buning natijasida modellarini loyihalashtirishda uch o'lchovli obyektни kompyuterda namoyish etish vaqti sezilarli darajada qisqardi va vaqtinchalik xotirada modelni tasvirlash uchun xotira hajmi tejaldi (Nuraliev, Maksumova, Otaxanov, Kamalov, & Xalilov, 2016), (Pooley, et al.), (Kumar, et al., 2008), (Smolin, Zhdanov, Potemin, Mezhenin, & Bogatyrev, 2018), (Ziatdinov & Valles, 2022).

Tadqiqot natijalari

Mazkur ishni amalga oshirishda, ya'ni milliy virtual universitet platformasini yaratish uchun 3D texnologiyalar asosida axborot texnologiyalari yo'nalishida eksteryer, interyer va personajlar dizaynini geometrik modellash-tirish nazarda tutiladi. Bizga ma'lumki, vizual-lashtirishda geometrik splaynlar va poligonal setkalarni qurish usullaridan foydalaniladi. Ushbu platforma doirasida yuqorida keltiril-gan 3D obyektlarni geometrik modellash-tirish-da yangi usullar, ya'ni konstruktiv mantiqiy-algebraik R-funksiya usuli (RFM) taklif etila-di. Mazkur usul 3D obyektlarni yuqori murak-kablikda tasvirlash imkonini beradi. Shuning-dek ishda yurtimizdagi qadimiy madrasalar-ni zamonaviy ko'rinishini tiklash, o'rga-nish, bilish, qiziqish va jozibadorligini oshirish uchun ham virtual borliq va o'yin texnologi-yalariga asoslangan usullar asosida yaratil-di va keng ommaga taqdim etildi (Nuraliyev, Giyosov, & Anvarov, Virtual 3D universitet o'quv jarayonini tashkil qilish modellarini yaratish [Creation of virtual 3D university edu-cational process organization models], 2018).

Virtual muhitning asosiy 3D modellarini shakllantirgandan so'ng vizuallashtirish virtu-al universitet ta'lim muhitini yaratish uchun o'quv jihozlari va vositalarini joylashtirish ishlari olib boriladi. Birinchi navbatda, virtu-al muhit eksteryer dizayniga mos keluvchi ji-hozlar tanlab olinadi.

RFM-funksiya usulidan foydalangan holda, 3D modelni vizuallashtirishda soddalashtirish bosqichlari:

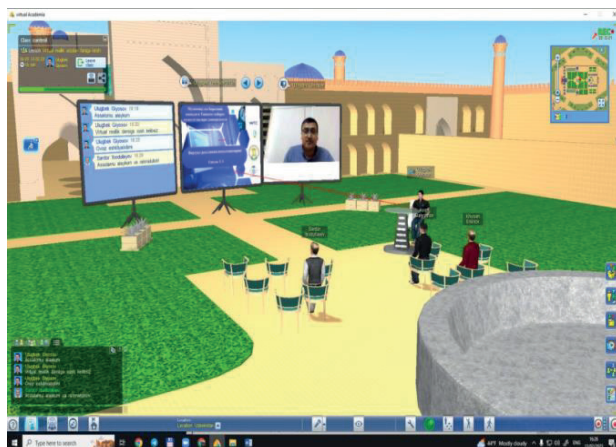
- uch o'lchovli obyektни modellashtirishda ichki qismidagi ortiqcha va ko'rinmas qismlari qirqib olib tashlandi (Z-bufer algoritmi);
- 3D model koordinatalari alohida faylda saqlanadi (*.csv), shu koordinatalar

yordamida modellashtirilgan 3D modelni istalgan boshqa grafik DTlarda qulay ishlatish, tahrirlash va yuklash mumkin. Uch o'lchovli obyektни to'g'ridan-to'g'ri modellashtiradigan bo'lsak, modellashtirish vaqti ortadi;

- ushbu koordinatalar asosida uch o'lchovli obyektни 3D printerda ham chop etish mumkin.



5-rasm. 120 o'rinli eksteryer ko'rinishga ega o'quv binosining virtual ta'lim muhiti



6-rasm. Vacademia.uz tizimida virtual muhitda dars mashg'uloti aks etishi

Yuqorida taklif etilgan usullar yordamida 3D modellarni qurishda asosiy afzalliklari tez chizadi, xotiradan kam joy egallaydi, kompyuterning video adapter qurimasidan ko'p joy egallamaydi. Core i3 va undan yuqori konfiguratsiyali kompyuterlarda ham modellashtirish imkoniyati yaratiladi.

Tadqiqot natijalari tahlili

3D modellashtiruvchi mutaxassis 3D grafik dasturiy ta'minot paketlaridan foyda-

langan holda, bitta obyektни loyihalash uchun 20 daqiqa vaqt sarflasa, biz taklif qilgan RFM-funksiya usuli yordamida 3D obyektlari 5 daqiqada loyihalandi.

Muhokamada eksteryer obyektlarni analitik usullar yordamida geometrik modellashtirishning mavjud va muallif tomonidan taklif etilgan algoritmlar asosida ishlab chiqilgan dasturiy vositaning imkoniyatlari va vazifalari keltirildi. Bundan ko'rinib turibdiki,

virtual muhitlar uchun eksteryer, interyer va personajlarning uch o'lchovli obyektlarining R-funksiya usuli (RFM) yordamida geometrik modellarini va dasturiy vositalarini ishlab chiqish loyihalash jarayonlari uchun vaqt sarfi kamayishi hisobiga ish unumdorligini 10–13 %ga oshirish hamda uch o'lchovli obyektni fazoda tasvirlash tezligini 4 martagacha oshirish imkonini beradi.

Xulosalar

Respublikamizda virtual universitet muhiti tashkil qilingan moodle.tuit.uz, lms.tuit.uz, smart lms kabi ta'limni boshqaruvchi axborot tizimlarda 3D yozib olingan darslarga kirish, foydalanuvchilar o'zlarining milliy avatarlarini tanlab tizimga kirish va foydalanish, meta borliqda xaritaning bir joydan ikkinchisiga harakatlanish va teleportatsiya obyekti yordamida o'tish qulayliklari mavjud emas. Ushbu ishni amalga oshirish orqali vir-

tual universitet tizimida darslarni o'tkazish va o'quv kurslariga qatnashish (taqdimot, mashg'ulot) bitta platformada shakllantiriladi. Kelgusida vacademia.uzni ta'limni boshqarish LMS, Moodle va boshqa tizimlar bilan integratsiyasini ta'minlash, virtual muhitlarda zamonaviy universitetlar lokatsiyasini yaratish muhim o'rin tutadi.

Minnatdorchilik

Ushbu maqolada olingan natijalar Innovatsion rivojlanish agentligi (Davlat qayd raqami: IL-4721071198) tomonidan moliyalashtirilgan bo'lib, tashkilot rahbariyati va xodimlariga, qolaversa, tadqiqotni yakunlash yoki maqola yozishda yordam bergan Rossiya Federatsiyasining Volga davlat texnologiyalari universiteti prof. M.N. Morozovning "Informatika va tizimli dasturlash" laboratoriyasi mudiriga alohida minnatdorchilik izhor etmoqchimiz.

REFERENCES

1. Fakhridin, N., Ulugbek, G., Akbarjon, U., & Azizbek, A. (2021). Implementation of the R-Function for virtual environment objects of the simple shapes. *Proceedings of the International Conference on Information Science and Communications Technologies: Applications, Trends and Opportunities*. ICISCT. doi:10.1109/ICISCT52966.2021.9670271
2. Fominykha, M., Prasolova-Forland, E., Morozov, M., & Smorkalov, A. M.-D. (2013). Increasing Immersiveness into a 3D Virtual World: Motion-Tracking and Natural Navigation in vAcademia. *Proceedings of the 2013 International Conference on Applied Computing, Computer Science, and Computer Engineering*. Retrieved from www.sciencedirect.com
3. Jeon, S., & Choi, S. (2011). Real Stiffness Augmentation for Haptic Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 20(4), 337-370.
4. Kumar, S., Chhugani, J., Kim, C., Kim, D., Nguyen, A., Dubey, P., Kim, Y. (2008). Second Life and the New Generation of Virtual Worlds. *Computer*, 46-53.
5. Lisnyak, A., & Gomenyuk, S. (2009). Application of R-functions for geometric modeling of objects of complex shape. *Radioelectronics. Computer science. Management*(2), 76-81.
6. Luebke, D. A Developer's Survey of Polygonal Simplification Algorithms. *IEEE Computer Graphics and Applications*. Retrieved from <http://www.cs.virginia.edu/~luebke>
7. Morozov, M., Gerasimov, A., Fominykh, M., & Smorkalov, A. (2013). Asynchronous Immersive Classes in a 3D Virtual World: Extended Description of vAcademia. B M. Gavrilova, C. Tan, & A. Kuijper (Eds), *Transactions on Computational Science XVIII* (vol. 7848, pp. 81-100). Berlin: Springer Berlin Heidelberg Publ.
8. Nazirov, S., Muxamedieva, D., Nuraliev, F., & Ne'matov, A. (2020). *Matematik modellashtirish asoslari [Fundamentals of mathematical modeling]*. Tashkent: Aloqachi Publ.
9. Nuraliev, F., & Giyosov, U. (2020). Virtual 3D universitet o'quv jarayonini tashkil qilishda eksteryer modellarini yaratish [Creation of exterior models in the organization of the virtual 3D university educational process]. *Proceedings of the International scientific and practical online conference "Prospects for the use of innovative and modern information technologies in the fields of education and management"*, (pp. 322-325). Samarkand.

10. Nuraliev, F., Giyosov, U., & Anvarov, B. (2018). Virtual 3D universitet o'quv jarayonini tashkil qilish modellarini yaratish [Creation of virtual 3D university educational process organization models]. *Proceedings of the International scientific and technical conference "Urgent issues of production of import-substituting products based on the use of local raw materials in the regions of Fergana Valley"*, (pp. 213-216). Fergana.
11. Nuraliev, F., Maksumova, U., Otaxanov, N., Kamalov, I., & Xalilov, R. (2016). *vAcademia muhitida o'quv kurslarini loyihalashtirish [Designing training courses in the vAcademia environment]*. Tashkent.
12. Nuraliev, F., Nazirov, S., & To'rayev, B. (2015). *Kompyuter grafikasi va dizayn [Computer graphics and design]*. Tashkent: Fan va texnologiya Publ.
13. Nuraliyev, F., G'iyosov, U., & Aliyev, A. (2022). Virtual 3D universitet o'quv jarayoni uchun Ko'kaldosh madrasasini uch o'lchovli geometrik modellashtirish [Three-dimensional geometric modeling of the Kokaldosh madrasa for the virtual 3D university educational process]. *Proceedings of the republican scientific and practical conference "International Islamic Academy of Uzbekistan, problems and prospects of digitalization in the field of information security"*. Tashkent.
14. Nuraliyev, F., G'iyosov, U., & Ibodullaev, S. (2022). Ta'limning virtual olamdagi ko'rinishi uchun 3D obyektlarni joylashtirish va foydalanish usullari [Methods of placement and use of 3D objects for visualization of education in the virtual world]. *Electronic scientific journal of digital economy and information technologies*(2).
15. Nuraliyev, F., Giyosov, U., & Anvarov, B. (2018). Virtual 3D universitet o'quv jarayonini tashkil qilish modellarini yaratish [Creation of virtual 3D university educational process organization models]. *TATU messages*, 3(47), 65-75.
16. Pooley, A., Christensen, A., Merry, B., Garcia, D., Werness, E., Kolling, G., Blankenship, J. *OpenGL extension ARB_get_program_binary specification*. Retrieved from http://www.opengl.org/registry/specs/ARB/get_program_binary.txt
17. Smolin, A., Zhdanov, D., Potemin, I., Mezhenin, A., & Bogatyrev, V. (2018). *Virtual, augmented and mixed reality systems*. St. Petersburg: ITMO University.
18. Ziatdinov, R., & Valles, J. (2022). Synthesis of Modeling, Visualization, and Programming in GeoGebra as an Effective Approach for Teaching and Learning. *TEM Topics. Mathematics*(10), 5-12.

Taqrizchi:

Sevinov J.U., t.f.d., professor, "Axborotlarga ishlov berish va boshqarish tizimlari" kafedrasini mudiri, Toshkent davlat texnika universiteti.