

VIRTUAL REALLIK GEOMETRIYASI

Bahromov A.A.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalar universiteti, audiovisual texnologiyalar kafedrası assistenti, Toshkent 100084, Amir Temur 108.

Ibodullayev S.N.

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalar universiteti, audiovisual texnologiyalar kafedrası assistenti, Toshkent 100084, Amir Temur 108.

Annotatsiya: Virtual reallik generatori taqdim etilgan bo‘lib, u virtual reallik geometriyasi va fizikasi deb hisoblanadi. Modellarini ishlab chiqishda bizga birinchi navbatda geometrik modellarini o‘z ichiga oladigan virtual dunyo kerak. Bizning maqsadlarimiz uchun, karteziyan koordinatalari bo‘lgan 3D Evklid fazosiga ega bo‘lish kifoya. Geometrik modellar R^3 dagi yuzalar yoki qattiq hududlardan tuzilgan va cheksiz sonli nuqtalarni R^3 o‘z ichiga oladi. Virtual reallik muhiti uchun 3D modellarini geometrik formulalar orqali tayyorlash.

Kalit so‘zlar: VR, geometriya, model, koordinata, 3D, 3D uchburchak, Ob‘ekt.

MOVEMENT IN A VIRTUAL ENVIRONMENT (LOCOMOTION)

Bahromov A.A.

Assistant at the Department of Audiovisual Technologies, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmi, Tashkent 100084, Amir Temur 108.

Ibodullayev S.N.

Assistant at the Department of Audiovisual Technologies, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmi, 108, Amir Temur shox street, Tashkent 100084.

Annotation: A virtual reality generator is presented, which is virtual reality geometry and physics. When developing models, we first need a virtual world that contains geometric models. For our purposes, it is sufficient to have a 3D Euclidean space with Cartesian coordinates. Geometric models are composed of surfaces or solid regions and contain an infinite number of points. Preparation of 3D models for virtual reality environment using geometric formulas.

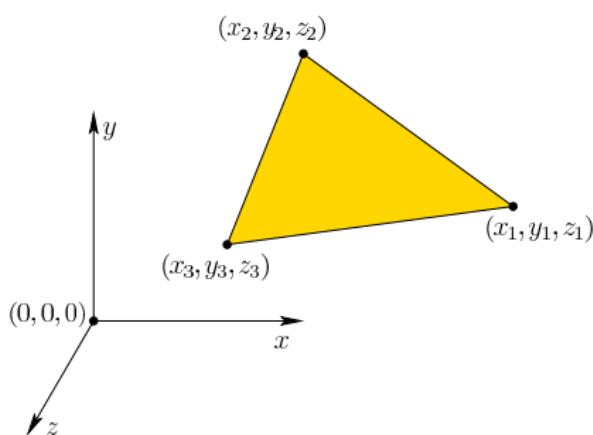
Key words: VR, geometry, model, coordinate, 3D, 3D triangle, Object.

Virtual reallik generatori (VRG) taqdim etilgan bo‘lib, u virtual reallik geometriyasi va fizikasi deb hisoblanadi. Ushbu bob geometriya qismini o‘z ichiga qamrab oladi, bu modellarni yasash va ularni harakatlantirish uchun zarur. Modellar o‘z ichiga olishi mumkin binoning devorlari, mebellar, osmondagi bulutlar, foydalanuvchi avaturlari va boshqalar shular jumlasidandir. Maqolada harakatga keltiradigan matematik o‘zgarishlarni virtual reallikda qanday qo‘llash tushuntiriladi. Ya’ni, bu ikkita komponentni o‘z ichiga oladi: *Siljitish* (pozitsiyani o‘zgartirish) va *aylanish* (orientatsiyani o‘zgartirish). Maqolada ifodalashning eng yaxshi usullarini taqdim etadi va harakatlanuvchi modellarning eng murakkab qismi bo‘lgan 3D aylanishlarni manipulyatsiya qilish bunga misol qilishimiz mumkin. Keyinchalik virtual reallik qanday paydo bo‘lishini o‘z ichiga oladi, agar biz undan muayyan nuqtai nazar bilan “qarashga” harakat qilsak bu vizual tasvirning geometrik komponentidir. Nihoyat, maqolada barcha o‘zgarishlar ifodalab berilgan ya’ni modelni belgilashdan uning paydo bo‘lishiga qanday o‘tishni ko‘rishingiz mumkin.

Agar siz VR tajribasini yaratish uchun yuqori darajadagi dvigatellar bilan ishlasangiz, unda ko‘pchilik bu bobdagi tushunchalar kerak bo‘lmasligi mumkin. Sizga faqat kerak bo‘lishi mumkin menyulardan variantlarni tanlash va oddiy skriptlarni yozish. Biroq, tushunish 3D aylanishlarni qanday ifodalash yoki kamerani ko‘chirish kabi asosiy o‘zgarishlar nuqtai nazari va dasturiy ta’minotni xohlagan holatda tayyorlash muhim ahamiyatga ega. Bundan

tashqari, virtual olamlarni noldan qurmoqchi bo'lsangiz yoki hech bo'lmaganda tushunishni istasangiz dasturiy ta'minotning ichida nima sodir bo'layotganini bilishingiz uchun bu bo'lim juda muhim.

Geometrik modellar: Bizga birinchi navbatda geometrik modellarni o'z ichiga oladigan virtual dunyo kerak. Bizning maqsadlarimiz uchun, karteziyan koordinatalari bo'lgan 3D Evklid fazosiga ega bo'lish kifoya. Shuning uchun, R^3 virtual dunyoni bildirsin, unda har bir nuqta uchlik sifatida ifodalanadi haqiqiy qiymatli koordinatalar: (x, y, z) . Bizning virtual dunyomizning koordinata o'qlari 1-rasmda ko'rsatilgan. Biz doimiy bu kitobda o'ng qo'l koordinata tizimlaridan foydalanamiz, chunki ular fizika bo'ylab ustun tanlovni ifodalaydi; Biroq, chap qo'l tizimlar ba'zi joylarda paydo bo'ladi, eng diqqatga sazovorlari Microsoftning DirectX grafik ko'rsatish kutubxonasi. Bunday hollarda, uchta o'qning a dagi yo'nalishiga nisbatan qarama-qarshi o'ng qo'l tizimi tomonga ishora qiladi. Ushbu nomuvofiqlik dasturiy ta'minotni yozishda soatlab aqldan ozishga olib kelishi mumkin; shuning uchun farqlar va ularning kerakli konvertatsiyalaridan xabardor bo'ling ikkalasini ishlatadigan dasturiy ta'minot yoki modellarni aralashtirasiz. Iloji bo'lsa, o'ng qo'l ni aralashtirishdan saqlaning va umuman chap qo'l tizimlaridan foydalaning.



1-rasm. Virtual olamdagi nuqtalarga o'ng qo'l da koordinatalar berilgan y o'qi yuqoriga qaragan koordinatalar tizimi.

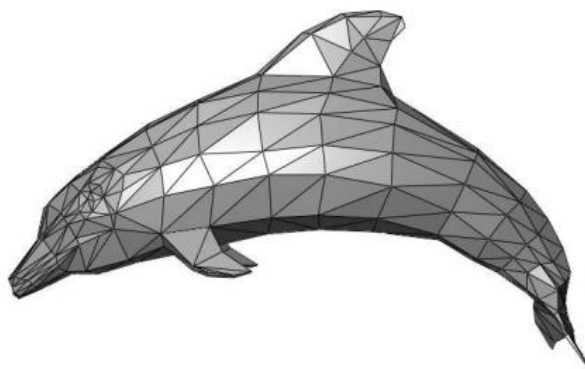
Kelib chiqishi $(0, 0, 0)$ o‘qlar kesishgan nuqtada yotadi. Shuningdek, 3D uchburchak uning bilan belgilanadigan ko‘rsatilgan uchta cho‘qqi, ularning har biri R^3 dagi nuqta.

Geometrik modellar R^3 dagi yuzalar yoki qattiq hududlardan tuzilgan va cheksiz sonli nuqtalarni R^3 o‘z ichiga oladi. Chunki kompyuterdagi tasvirlar chekli R^3 bo‘lishi kerak, modellar har biri cheksiz R^3 to‘plamni ifodalovchi primitivlar nuqtai nazaridan ballar soni aniqlanadi. Eng oddiy va eng foydali 1-rasmda R^3 ko‘rsatilganidek, 3D uchburchakdir. “Ichkarida” va barcha nuqtalarga to‘g‘ri keladigan tekis sirt uchburchakning chegarasi uchburchak cho‘qqilarining koordinatalari bilan to‘liq aniqlanadi:

$$((x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3)) \quad (1)$$

Virtual dunyoda murakkab ob’ekt yoki jismni modellashtirish uchun 2-rasmda ko‘rsatilganidek, ko‘plab uchburchaklar to‘rga joylashtirilishi mumkin. Bu ko‘plab muhim savollarni tug‘diradi:

1. VRda foydalanuvchi ko‘rganda har bir uchburchak “ko‘rinishini” qanday aniqlaymiz?
2. Ob’ektni qanday qilib “harakat”ga keltiramiz?
3. Agar ob’ekt yuzasi keskin kavisli bo‘lsa, u holda egri chiziqlardan foydalanish kerakmi?



2-rasm. 3D uchburchaklar to‘ridan hosil bo‘lgan delfinning geometrik modeli.

4. Ob'ektning ichki qismi modelning bir qismimi yoki ob'ekt faqat uning yuzasidan iboratmi?

5. Berilgan uchburchakka sirt bo'ylab qaysi uchburchaklar qo'shni ekanligini aniqlashning samarali algoritmi bormi?

6. Ko'pgina qo'shni uchburchaklar uchun umumiy bo'lgan cho'qqi koordinatalarini takrorlashdan qochishimiz kerakmi?

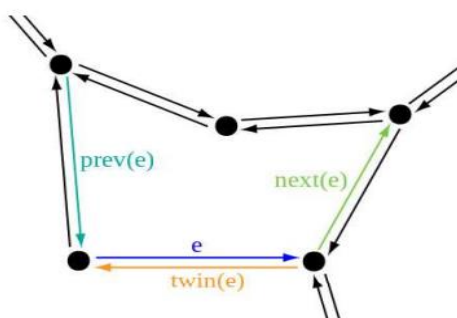
Biz bu savollarga teskari tartibda murojaat qilamiz.

Ma'lumotlar tuzilmalari fayl yoki xotira massividagi barcha uchburchaklar ro'yxatini ko'rib chiqing. Agar uchburchaklar to'r hosil qilsa, u holda ko'pchilik yoki barcha uchlari bir nechta uchburchaklar orasida taqsimlanadi. Bu aniq joyni behuda sarflashdir. Yana bir muammo shundaki, biz tez-tez model ustida operatsiyalarni bajarishni xohlaymiz. Misol uchun, ob'ektni harakatga keltirgandan so'ng, uning boshqa ob'ekt bilan to'qnashuvi yoki yo'qligini aniqlay olamiz. Soddaroq darajadagi vazifa misol uchun uchburchaklar berilgan uchburchak bilan umumiy cho'qqi yoki chekka bo'lishini aniqlash mumkin. Bu uchburchaklar ro'yxati bo'ylab chiziqli qidiruvni talab qilishi mumkin, bu ularning bir yoki ikkita cho'qqisini taqsimlaydimi? Agar millionlab uchburchaklar mavjud bo'lsa, bu kamdan-kam uchraydi, unda bu operatsiyani qayta-qayta bajarish juda qimmatga tushadi.

Shu va boshqa sabablarga ko'ra, geometrik modellar odatda aqlli ma'lumotlar tuzilmalarida kodlanadi. Ma'lumotlar strukturasi tanlash modelda qanday operatsiyalar bajarilishiga bog'liq bo'lishi kerak. Eng foydali va keng tarqalganlaridan biri bu ikki tomonlama bog'langan chekka uchi yarim qirrali ma'lumotlar strukturasi sifatida ham tanilgan. 3-rasmga qarang. Ushbu va shunga o'xshash ma'lumotlar tuzilmalarida uchta turdagi ma'lumotlar elementlari mavjud: yuzalar, qirralar va cho'qqilar. Bular mos ravishda modelning ikki, bir va nol o'lchovli qismlarini ifodalaydi. Bizning holatlarimizda har bir yuz elementi uchburchakni ifodalaydi. Har bir chekka bir yoki ikkita uchburchakning chegarasini takrorlanmasdan ifodalaydi. Har bir

cho‘qqi bir yoki bir nechta uchburchaklar o‘rtasida, yana takrorlanmasdan taqsimlanadi.

Ma’lumotlar tuzilmasi qo‘shni yuzlar, qirralar va cho‘qqilar orasidagi ko‘rsatkichlarni o‘z ichiga oladi, shuning uchun algoritmlar model komponentlarini bir-biriga qanday bog‘langaniga mos keladigan tarzda tezda kesib o‘tishi mumkin.



3-rasm. Ikki marta bog‘langan chekka ro‘yxatining bir qismi.

Bu yerda chegarasida beshta qirradi bo‘lgan yuz uchun ko‘rsatilgan.

Har bir yarim qirrali struktura e ko‘rsatkichlarni yuz chegarasi bo‘ylab keyingi va oldingi qirralarga saqlaydi. Shuningdek, u qo‘shni yuzning chegarasining bir qismi bo‘lgan egizak yarim chetiga ko‘rsatkichni saqlaydi.

Ichkarida va tashqarisida Endi ob’ektning ichki qismi modelning bir qismimi yoki yo‘qmi degan savolni ko‘rib chiqing. Aytaylik, to‘rli uchburchaklar bir-biriga juda mos tushdi, shunda har bir chekka ikkita uchburchak bilan chegaralanadi va sirt bo‘ylab qo‘shni bo‘lmasa, hech qanday uchburchak kesishmaydi. Bunday holda, model ob’ektning ichki va tashqi tomoni o‘rtasida to‘liq to‘siq hosil qiladi. Agar biz gipotetik tarzda ichkarini gaz bilan to‘ldirsak, u tashqariga oqishi mumkin emas edi. Bu izchil modelning namunasidir. Bunday modellar, agar ichki yoki tashqi tushunchasi VRG uchun muhim bo‘lsa, talab qilinadi. Misol uchun, bir delfinning ichida bo‘lishi mumkin, lekin uning chegara uchburchagi bilan kesishmaydi. Agar bitta uchburchakni olib tashlasak, taxminiy gaz chiqib ketadi. Ob’ektning ichki va

tashqi tomoni o'rtasida endi aniq farq bo'lmaydi, bu penni va delfin haqidagi savolga javob berishni qiyinlashtirardi. Ko'p holatlarda biz fazoda bitta uchburchakka ega bo'lishimiz mumkin. Ichkarida ham, tashqarisida ham tabiiy yo'qligi aniq. Ekstremal holatda, model ko'pburchak yomon bo'lishi mumkin, bu bir-biriga yaxshi mos kelmaydigan va hatto kesishgan ichki qismlarga ega bo'lgan uchburchaklar aralashmasidir. Xulosa qilib aytganda, modellarni qurishda ehtiyot bo'ling, shundan keyinroq bajarmoqchi bo'lgan operatsiyalar mantiqan aniq bo'ladi. Agar siz modellaringizni yaratish uchun Blender yoki Maya kabi yuqori darajadagi dizayn vositasidan foydalansangiz, u holda izchil modellar avtomatik ravishda quriladi.

Nima uchun uchburchaklar? Yuqoridagi savollar orqali yuqoriga qarab, uchburchaklar ishlatiladi, chunki ular algoritmlarni boshqarish uchun eng oddiy turi hisoblanadi, ayniqsa apparatda amalga oshirilsa. GPU ilovalari kichikroq ko'rinishlarga moyil bo'ladi, shuning uchun ko'rsatmalarning ixcham ro'yxati parallel ravishda ko'plab model qismlariga qo'llanilishi mumkin. To'rtburchaklar, splinelar va yarim algebraik yuzalar kabi murakkabroq ibtidoiylardan foydalanish albatta mumkin. Bu kichikroq model o'lchamlariga olib kelishi mumkin, lekin ko'pincha har bir primitiv bilan ishlash uchun katta hisoblash xarajatlari hisobiga keladi. Masalan, ikkita 3D uchburchak bilan solishtirganda, ikkita spline sirtining to'qnashuvini aniqlash ancha qiyin.

Statsionar va harakatlanuvchi modellar. Virtual dunyoda R^3 -ga o'rnatilgan ikki turdagi modellar bo'ladi.

- *Bir xil koordinatalarni doimiy saqlaydigan statsionar modellar.* Odatiy misollar ko'chalar, qavatlar va binolardir;

- *Har xil pozitsiyalar va yo'nalishlarga aylantirilishi mumkin bo'lgan harakatlanuvchi modellar.* Masalan, transport vositalari, avatarlar va kichik mebellar.

Harakat turli yo'llar bilan paydo bo'lishi mumkin. Kuzatuv tizimidan foydalanib, model foydalanuvchi harakatlariga mos ravishda harakatlanishi mumkin. Shu bilan bir qatorda, foydalanuvchi virtual olamdagi ob'ektlarni, shu

jumladan, o'zini tasvirini ko'chirish uchun boshqaruvchidan foydalanishi mumkin. Nihoyat, ob'ektlar virtual dunyoda fizika qonunlariga muvofiq harakatlanishi mumkin.

Koordinata o'qlarini tanlash. Ko'pincha e'tibordan chetda qoladigan nuqta bu modellar uchun koordinatalarni ularning joylashuvi va masshtabini tanlashdir. Agar ular boshida aqlli tarzda aniqlangan bo'lsa, unda ko'plab zerikarli asoratlardan qochish mumkin. Agar virtual dunyo haqiqiy dunyodan tanish muhitlarga mos kelishi kerak bo'lsa, u holda masshtablash umumiy birliklarga mos kelishi kerak. Masalan, $(1, 0, 0)$ $(0, 0, 0)$ ning o'ng tomonidagi bir metrni bildirishi kerak. Kelib chiqishini $(0, 0, 0)$ qulay joyga qo'yish ham to'g'ri. Odatda, $y = 0$ binoning qavatiga yoki yerning dengiz sathiga mos keladi. $X = 0$ va $z = 0$ ning joylashuvi virtual dunyoning markazida bo'lishi mumkin, shuning uchun u belgiga qarab to'rtburchaklarga bo'linadi. Yana bir keng tarqalgan tanlov - dunyoni yuqoridan ko'rishda uni yuqori chap tomonga joylashtirish, shunda barcha x va z koordinatalari manfiy bo'lmaydi. Harakatlanuvchi modellar uchun kelib chiqish joyi va yo'nalishlari juda muhim bo'lib qoladi, chunki ular modelning qanday aylanishiga ta'sir qiladi. Bu aylanmalarni taqdim etganimizda aniq bo'lishi kerak.

Modellarni ko'rish. Albatta, VR ning eng muhim jihatlaridan biri bu modellar displeyda ko'rilganda qanday "ko'rinishi"dir. Bu muammo ikki qismga bo'lingan. Birinchi qism virtual nuqtalarning qayerdaligini aniqlashni o'z ichiga oladi displeyda dunyo paydo bo'lishi kerak. Bunga o'zgarishlarni ko'rish orqali erishiladi, ular yakuniy natijani tayyorlash uchun boshqa o'zgarishlar bilan birlashtiriladi. Ikkinchi qism yorug'lik manbalari va virtual dunyoda aniqlangan sirt xususiyatlarini hisobga olgan holda modelning har bir qismi qanday ko'rinishini o'z ichiga oladi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. E.M. Kolasinski. Simulator sickness in virtual environments. Technical Report 2017, U.S. Army Research Institute, 1995.

2. L.L. Kontsevich and C.W. Tyler. Bayesian adaptive estimation of psychometric slope and threshold. *Vision Research*, 39(16):2729–2737, 1999.
3. C. Konvalin. Compensating for tilt, hard-iron, and soft-iron effects. Available at <http://www.sensormag.com/sensors/motion-velocitydisplacement/compensating-tilt-hard-iron-and-soft-iron-effects-6475>, December 2009. Last retrieved on May 30, 2016.
4. B.C. Kress and P. Meyrueis. *Applied Digital Optics: From Micro-optics to Nanophotonics*. Wiley, Hoboken, NJ, 2009.
5. J.B. Kuipers. *Quaternions and Rotation Sequences*. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1999.
6. P.R. Kumar and P. Varaiya. *Stochastic Systems*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1986.
7. R. Lafer-Sousa, K.L. Hermann, and B.R. Conway. Striking individual differences in color perception uncovered by the dress photograph. *Current Biology*, 25(13):R545–R546, 2015.
8. M.F. Land and S.-E. Nilsson. *Animal Eyes*. Oxford University Press, Oxford, UK, 2002.
9. D. Lanman and D. Luebke. Near-eye light field displays. *ACM Transactions on Graphics*, 32(6), 2013.
10. J. Lanman, E. Bizzi, and J. Allum. The coordination of eye and head movement during smooth pursuit. *Brain Research*, 153(1):39–53, 1978.
11. S.M. LaValle. *Planning Algorithms*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 2006. Available at <http://planning.cs.uiuc.edu/>.
12. S.M. LaValle. Help! My cockpit is drifting away. Oculus blog post. Retrieved from <https://developer.oculus.com/blog/magnetometer/>, December 2013. Last retrieved on Jan 10, 2016.
13. S.M. LaValle. The latent power of prediction. Oculus blog post. Retrieved from <https://developer.oculus.com/blog/the-latent-power-of-prediction/>, July 2013. Last retrieved on Jan 10, 2016.

14. S.M. LaValle. Sensor fusion: Keeping it simple. Oculus blog post. Retrieved from <https://developer.oculus.com/blog/sensor-fusion-keeping-it-simple/>, May 2013. Last retrieved on Jan 10, 2016.

15. Ibodullayev S.N, Jo‘raboyev F.A, Bahromov A.A.(2019), ‘Virtual reallik texnologiyasi asosida muzey bo‘ylab sayohat’, “Иқтисодиётнинг тармоқларини инновацион ривожланишида ахборот-коммуникация технологияларининг аҳамияти” республика илмий-техник анжуман”.

16. Nuraliev F.M., Ibodullayev S.N,(2021), ‘Study of national heritage sites on the basis of gamification technology’, International Conference On Information Science And Communications Technologies ICISCT 2021 Applications, Trends And Opportunities, 3-5 November 2021,Tashkent Uzbekistan, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9670083>.

17. Ibodullayev S.N, Bahromov A.A.(2020), ‘A variety of virtual reality implementations for creative learning and 5 ways to implement virtual reality in the learning process’, International Journal of Engineering and Information Systems (IJEAIS) ISSN: 2643-640X. Vol. 4, Issue 9.