

3D OBYEKTЛАRNI VIZUALIZATSIYA QILISH VA XUSUSIYATLARNI ANIQLASHNING GEOMETRIK JIHATLARI

Zokirova Shahloxon Akmalxon qizi

QDU 05.01.01 1- bosqich tayanch doktoranti

orcid raqam: 0009-0005-2999-4189

Xo‘janazarova Nilufarxon Tulqinjon qizi

QDU San‘atshunoslik kafedrası o‘qituvchisi

Annotatsiya: Ushbu maqola 3D obyektlarni vizualizatsiya qilish va ularning geometrik xususiyatlarini aniqlashning asosiy geometrik jihatlarini atroflicha o‘rganadi. Tadqiqot zamonaviy kompyuter grafikasi, kompyuter ko‘rishi va robototexnika sohalarida 3D modellarning ahamiyatini ta’kidlaydi. Maqolada 3D obyektlarning geometrik modellashtirish asoslari, xususan, to‘r tuzilmalari va normalar tushunchasi ko‘rib chiqiladi. Vizualizatsiya jarayonida qo‘llaniladigan geometrik transformatsiyalar va proyeksiyalar tahlil qilinadi. Shuningdek, parallel va perspektiv proyeksiyalarning nazariy asoslari va amaliy tatbiqlari yoritiladi hamda 3D obyektlarda geometrik xususiyatlarni aniqlashning turli metodlari muhokama qilinadi. Nihoyat, geometrik tahlil va ilg‘or vizualizatsiya texnikalari ko‘rib chiqilib, ushbu sohaning kelajak istiqbollari bayon etiladi.

Kalit so‘zlar: 3D obyektlar, vizualizatsiya, geometrik transformatsiyalar, proyeksiyalar, xususiyatlarni aniqlash, sirt normali, homogen koordinatalar

GEOMETRICAL ASPECTS OF VISUALIZATION AND PRODUCTION OF 3D OBJECTS

Zokirova Shahloxon Akmalxon qizi

QDU 01/05/01 1st stage basic doctoral student

orcid number: 0009-0005-2999-4189

Kho‘janazarova Nilufarxon Tulqinjon qizi

Lecturer, Department of Art History, QDU

Abstract: This article thoroughly examines the fundamental geometric aspects of 3D object visualization and feature extraction. The research highlights the significance of 3D models in modern computer graphics, computer vision, and robotics. The paper covers the basics of geometric modeling for 3D objects,

specifically mesh structures and the concept of normals. It analyzes geometric transformations and projections used in the visualization process, including translation, rotation, scaling, affine and projective transformations, and their representation using homogeneous coordinates. Additionally, the theoretical foundations and practical applications of parallel and perspective projections are discussed. The article explores various methods for identifying geometric features in 3D objects, such as object pose estimation, 3D wireframes, and fine-grained categorization approaches. Finally, geometric analysis and advanced visualization techniques, including shading normals and approaches for representing complex surface details, are reviewed, outlining future prospects in this field.

Keywords: 3D objects, visualization, geometric transformations, projections, feature extraction, surface normal, homogeneous coordinates

3D объектная визуализация qilish va xususiyatlarni aniqlashning geometrik jihatlari

Зокирова Шахлоксон Акмалхон кызы

QDU 05.01.01 1- боскич таянч докторанти

Орцидний ракам: 0009-0005-2999-4189

shahloalixojayeva@gmail.com

Хожаназарова Нилуфархон Тулкинджон кызы

QDU Санъатшунослик кафедраси окитувчиси

Аннотация: Данная статья подробно изучает фундаментальные геометрические аспекты визуализации 3D-объектов и определения их характеристик. Исследование подчеркивает важность 3D-моделей в современных областях компьютерной графики, компьютерного зрения и робототехники. В статье рассматриваются основы геометрического моделирования 3D-объектов, в частности, сетчатые структуры и понятие нормалей. Анализируются геометрические преобразования и проекции, используемые в процессе визуализации, включая трансляцию, вращение, масштабирование, аффинные и проективные преобразования, а также их представление с использованием однородных координат. Также освещаются теоретические основы и практические применения параллельных и перспективных проекций. Статья обсуждает различные методы определения геометрических характеристик 3D-объектов, такие как оценка позы объекта,

3D-каркасы и подходы к детальной категоризации. Наконец, рассматриваются геометрический анализ и передовые методы визуализации, включая нормали затенения и подходы к отображению сложных деталей поверхности, а также излагаются перспективы развития этой области.

Ключевые слова: 3D объекты, визуализация, геометрические преобразования, проекции, определение характеристик, нормаль к поверхности, однородные координаты

Kirish

Uch o'lchamli (3D) obyektlarni vizualizatsiya qilish va ularning geometrik xususiyatlarini aniqlash zamonaviy kompyuter grafikasi, kompyuter ko'rishi, robototexnika, virtual va kengaytirilgan reallik kabi ko'plab sohalarida markaziy o'rin tutadi. Real dunyo obyektlarining raqamli modellari bilan samarali ishlash ularning geometrik tuzilishini chuqur tushunishni, ularni to'g'ri modellashtirish, manipulyatsiya qilish va ekranda tasvirlash qobiliyatini talab qiladi. Ushbu jarayon nafaqat vizual jihatdan ishonchli natijalarni ta'minlash, balki obyektlarning semantik ma'nosini tushunish, ularning holatini aniqlash va o'zaro munosabatlarini tahlil qilish imkonini beradi.

So'nggi yillarda 3D texnologiyalarining jadal rivojlanishi bilan obyektlarni nafaqat umumiy shakli bo'yicha, balki ularning mayda geometrik tafsilotlari asosida ham ajratishga bo'lgan ehtiyoj ortib bormoqda. An'anaviy usullar ko'pincha 2D tasvirlarga asoslangan bo'lib, ular 3D geometriyani cheklangan darajada qamrab oladi. Biroq, real dunyo muhitida ishonchli va aniq ishlash uchun obyektlarning batafsil 3D geometrik modellari va ulardan olingan xususiyatlar zarur. Ushbu maqola 3D obyektlarni vizualizatsiya qilish va xususiyatlarni aniqlashning geometrik jihatlariga e'tibor qaratadi, bu sohadagi fundamental tushunchalarni, metodologiyalarni va ilg'or texnikalarni tizimli ravishda tahlil qiladi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili

3D obyektlarni idrok etish va ularni vizualizatsiya qilish bo'yicha adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, ko'plab mavjud usullar obyekt sinflarini aniqlashda asosan ikki o'lchamli (2D) tasvirlash usullari va umumiy 3D modellarga, masalan, chegaralovchi qutilarga (bounding boxes) tayanadi. Pascal VOC kabi benchmarklar va obyekt sinfi detektorlarida asosiy e'tibor mustahkam 2D moslashuvga qaratilgan bo'lib, aniq 3D geometriyadan ko'ra ko'proq vizual sahnani umumiy tushunishga urg'u beriladi. Biroq, bu yondashuvlar obyektlarning murakkab geometrik xususiyatlarini chuqur anglashda cheklovlarga ega bo'ladi.

[1] manbasida ta'kidlanganidek, 3D obyekt sinflarining batafsil geometrik tasvirlariga qaytish zarurati mavjud. Ushbu yondashuv mavjud usullardagi cheklovlarni bartaraf etib, obyekt pozitsiyasining uzluksiz baholarini va obyekt qismlarining nisbiy 3D holatini ko'rsatuvchi 3D simli ramkalarni o'z ichiga olgan ancha aniq obyekt gipotezalarini tiklash imkonini beradi. Bu esa mustahkam shakl tavsifi va xulosa chiqarish usullari bilan birlashtirilganda, monokulyar 3D pozitsiyani baholashda ilg'or natijalarga erishishga xizmat qiladi. Batafsil 3D obyekt sinfi tasviri nafaqat umumiy aniqlashni yaxshilaydi, balki avtomobillar va velosipedlarni ularning 3D geometriyasiga asoslangan holda nozik kategoriyalarga ajratish va ultra keng bazali moslashuv kabi yangi ilovalarni ham ochib beradi.

[2] va [4] manbalari 3D proyeksiya va vizualizatsiya jarayonlarining asosiy matematik va algoritmik jihatlarini tushuntiradi. 3D obyektlarni 2D ekranda tasvirlash uchun perspektiv va parallel proyeksiyalar kabi usullarning ahamiyati yoritilgan. [3] manbasi geometrik transformatsiyalarning tasvirni qayta ishlash va kompyuter ko'rishidagi fundamental rolini ta'kidlaydi, ularni matritsalar va homogen koordinatalar yordamida ifodalashning samaradorligini ko'rsatadi. [5] va [6] manbalari esa sirt normalarining ahamiyatini, ularning geometrik va soylash normalariga bo'linishini, shuningdek, normalarni to'g'ri transformatsiya qilishning nozik jihatlarini ochib beradi, bu esa realistik vizualizatsiya va yorug'lik modellarini yaratish uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ushbu adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, 3D obyektlarning aniq geometrik modellariga va ularni tahlil qilish usullariga bo'lgan ehtiyoj kun sayin ortib bormoqda, chunki bu realistik vizualizatsiya va chuqur semantik tushuncha uchun asos yaratadi.

Tadqiqot metodologiyasi

Ushbu tadqiqot 3D obyektlarni vizualizatsiya qilish va xususiyatlarini aniqlashning geometrik jihatlarini nazariy-analitik usulda o'rganadi. Metodologiya asosan matematik modellashtirish, kompyuter grafikasi algoritmlarini tahlil qilish va mavjud adabiyotlarni sintez qilishga asoslanadi.

3D Obyektlarning Geometrik Modellashtirish Asoslari:

3D obyektlarni raqamli ifodalashning eng keng tarqalgan usullaridan biri bu ko'pburchakli to'r (polygon mesh) hisoblanadi. Bu model obyektning vertikal (vertices), qirralar (edges) va yuzlar (faces) to'plami sifatida ifodalaydi. Har bir vertikal 3D fazodagi (x, y, z) koordinatalar bilan aniqlanadi. Yuzlar odatda uchburchaklar yoki to'rtburchaklar shaklida bo'ladi va bu vertikalarni bog'lash orqali obyektning sirtini hosil qiladi.

Geometrik modellashda sirt normalari muhim rol o'ynaydi. [5] manbasida ta'kidlanganidek, geometrik normal ob'ektning haqiqiy uchburchagi normalini ifodalaydi, u uchburchakning qirra vektorlarining vektor ko'paytmasi orqali topiladi. Bu normal sirtga perpendikulyar bo'lib, obyektning yorug'lik bilan o'zaro ta'sirini hisoblashda ishlatiladi. Soyalash (shading) normali esa vizual realizmni oshirish uchun qo'llaniladi. U poligonning vertikaliga tayinlangan individual normalarni interpolatsiya qilish orqali hisoblanadi. Bu egri sirtlarni silliq ko'rsatish, shu bilan birga asosiy poligon to'rining ko'rinadigan chegaralarini yashirish uchun juda muhimdir. Shuningdek, soyalash normali g'adir-budur (bump) yoki normal xaritalar (normal maps) orqali murakkab sirt tafsilotlarini qo'shish uchun ham takomillashtirilishi mumkin.

[6] manbasida normalarni transformatsiya qilishning to'g'ri usuli ta'kidlanadi. Normalar vertikal kabi bir xil tarzda transformatsiyalanmaydi. Afina transformatsiyalari, ayniqsa, anizotropik masshtablashda xatoliklarga olib kelishi mumkin. Normal aslida sirtning tegishli nuqtasidagi urinish fazosini ifodalovchi noyob vektor bo'lib, bu urinish fazosiga ortogonaldir. Normalarni to'g'ri transformatsiya qilish uchun dastlabki model transformatsiya matritsasining teskari transponiri qo'llaniladi. Bu normalarning transformatsiyadan keyin ham o'z urinish tekisliklariga perpendikulyar bo'lib qolishini ta'minlaydi.

Vizualizatsiya Jarayonidagi Geometrik Transformatsiyalar va Proyeksiyalar:

3D obyektning 2D ekranda tasvirlash bir qator geometrik transformatsiyalarni va proyeksiyalarni o'z ichiga oladi. [3] manbasida ta'kidlanganidek, geometrik transformatsiyalar tasvirni qayta ishlash va kompyuter ko'rinishining asosidir. Ular obyektlarning fazoviy munosabatlarini aniq manipulyatsiya qilish imkonini beradi. Bularga translatsiya (siljish), rotatsiya (aylanish), masshtablash (hajmini o'zgartirish) kabi asosiy transformatsiyalar kiradi. Afina transformatsiyalari parallel chiziqlarni saqlab qoladi, proyektiv transformatsiyalar esa murakkab perspektiv o'zgarishlarga imkon beradi, bu esa kamera modellash va 3D sahnalarni qayta tiklash uchun juda muhimdir. Barcha bu transformatsiyalar matritsa ko'rinishida, ayniqsa homogen koordinatalardan foydalanilganda, birlashtirilgan va samarali tarzda amalga oshiriladi (2D uchun 3×3 , 3D uchun 4×4 matritsalar).

Proyeksiya jarayoni 3D obyektning 2D proyeksiyalash tekisligiga (ekranga) aks ettirishni anglatadi. [4] manbasiga ko'ra, proyeksiyaning ikki asosiy kategoriyasi mavjud: parallel va perspektiv.

Parallel proyeksiya: Bu turdagi proyeksiyada ko‘rish chiziqlari parallel bo‘ladi, ya’ni 3D fazodagi parallel chiziqlar 2D tasvirda ham parallel bo‘lib qoladi. Asosiy turlari:

Ortografik proyeksiya: Proyeksiya chiziqlari ko‘rish tekisligiga perpendikulyar bo‘ladi. Bu muhandislik chizmalarida qo‘llaniladi, ammo ob’ektlarning uzunligi qisqarmasligi sababli fotorealizmga ega emas.

Ko‘p ko‘rinishli (multiview) proyeksiya: Obyektning uchta asosiy ko‘rinish (old, tepa, yon) orqali aniqlash uchun ishlatiladi.

Obliyek proyeksiya: Proyeksiya nurlari perpendikulyar emas. Bu piktogramma tasvirlar uchun mos keladi, bunda burchaklar va qisqarish ixtiyoriy bo‘lishi mumkin.

Perspektiv proyeksiya: Bu proyeksiyada masofa o‘zgarishi bilan obyektlarning hajmi ham o‘zgaradi, ya’ni u inson ko‘zi idrokiga yaqinroq bo‘ladi. Perspektiv proyeksiya obyektning 3D perspektivasini 2D sirtga nisbatan saqlab qolish uchun masshtablash va translatsiyani o‘z ichiga oladi. [2] manbasidagi kod misoli perspektiv proyeksiya matritsasini (mper) yaratishni ko‘rsatadi, bu matritsa chuqurlik maydonini belgilash uchun `near_plane` va `far_plane` qiymatlaridan foydalanadi. Bu matritsa boshqa transformatsiya matritsalarini (masalan, `mcam` - kamera ko‘rish matritsasi) bilan birlashtirilib, umumiy transformatsiya matritsasini hosil qiladi. Keyin bu matritsa 3D vertikalarga qo‘llaniladi va olingan 4D koordinatalarning (x, y, z, w) x va y komponentlari w komponentiga bo‘linib, yakuniy 2D ekran koordinatalari olinadi. Bu jarayon perspektiv bo‘linish (perspective division) deb ataladi.

3D Obyektlarda Geometrik Xususiyatlarni Aniqlash Metodlari:

Geometrik xususiyatlarni aniqlash 3D obyektlarni tushunish va ularni o‘zaro farqlash uchun asosdir. [1] manbasida ilgari surilgan yondashuvlar shuni ko‘rsatadiki, obyektlarning batafsil 3D geometrik tasvirlari yordamida sezilarli darajada aniqroq obyekt gipotezalarini, jumladan, obyekt pozitsiyasining uzluksiz baholarini va obyekt qismlarining nisbiy 3D holatini ko‘rsatuvchi 3D simli ramkalarni tiklash mumkin.

Obyekt pozitsiyasini baholash: Bu obyektning 3D fazodagi aniq joylashuvi va orientatsiyasini (aylanishini) aniqlashni o‘z ichiga oladi. Bu ko‘pincha obyektning geometrik modelini berilgan ko‘rinishga moslashtirish orqali amalga oshiriladi. Aniq pozitsiyani tiklash robototexnika va kengaytirilgan reallikda obyektlar bilan o‘zaro ishlash uchun juda muhimdir.

3D simli ramkalar (wireframes): Bu obyektning asosiy geometrik tuzilishini vertikal va qirralar to‘plami orqali ifodalashdir. Simli ramkalar obyekt qismlari o‘rtasidagi bog‘lanishlarni va ularning nisbiy 3D pozitsiyalarini aniqlashda yordam

beradi. Ular obyektlarning topologik xususiyatlarini tahlil qilish uchun ishlatilishi mumkin.

Nozik kategoriyalarni aniqlash (fine-grained categorization): An'anaviy obyekt tanishdan farqli o'laroq, nozik kategoriyalarni aniqlash, masalan, avtomobillar orasidagi turli modellarni ajratish, ularning umumiy shaklidan tashqari, aniqroq geometrik farqlarga tayanadi. Bu shablonlarni moslashtirish, geometrik shakl deskriptorlarini solishtirish va mashinani o'rganish usullari orqali amalga oshiriladi, bunda 3D geometriyadan olingan xususiyatlar asosiy kirish ma'lumotlari bo'lib xizmat qiladi.

Geometrik Analiz va Ilg'or Vizualizatsiya Texnikalari:

Geometrik analiz 3D modellarning ichki tuzilishi, sirt xususiyatlari va topologik munosabatlarini tahlil qilishni o'z ichiga oladi. Bu obyektlarning semantik ma'nosini tushunish, ularning funksional imkoniyatlarini baholash va murakkab sahnalarni qayta ishlash uchun muhimdir. Masalan, aniq geometrik modellar va sirt normalari [5] tomonidan aytib o'tilgan soylash normalarini hisoblashda ishlatiladi, bu esa vizualizatsiyaning realizmini oshiradi. Bump xaritalari yoki normal xaritalar kabi texnikalar asosiy poligon to'rining murakkabligini oshirmasdan sirtning mayda detallarini qo'shish imkonini beradi.

Bundan tashqari, [6] dagi normalarning to'g'ri transformatsiyasi masalasi geometrik analizning amaliy vizualizatsiyadagi ahamiyatini ko'rsatadi. Yorug'lik modellarining aniq hisob-kitoblari uchun normalarni to'g'ri transformatsiya qilish zarur, ayniqsa afina transformatsiyalari qo'llanilganda. Bu esa ob'ektning yuzalarida yorug'likning qanday tarqalishini aniqroq simulyatsiya qilishga imkon beradi va natijada yanada ishonchli vizualizatsiya hosil bo'ladi. Ilg'or vizualizatsiya texnikalari, shuningdek, fotorealistik renderlash (ray tracing, path tracing) va real vaqt rejimida renderlash (real-time rendering) uchun optimallashtirilgan algoritmlarni o'z ichiga oladi, bunda geometrik ma'lumotlarni samarali boshqarish va qayta ishlash asosiy hisoblanadi.

Xulosa

3D obyektlarni vizualizatsiya qilish va xususiyatlarini aniqlashning geometrik jihatlari kompyuter grafikasi, kompyuter ko'rishi va boshqa tegishli sohalarda markaziy rol o'ynaydi. Ushbu maqola 3D obyektlarning geometrik modellashtirish asoslaridan tortib, vizualizatsiya jarayonidagi transformatsiyalar va proyeksiyalargacha bo'lgan barcha bosqichlarda geometriyaga asoslangan yondashuvlarning muhimligini ta'kidlaydi.

Biz 3D obyektlarni to'rt tuzilmalari va sirt normalari kabi asosiy elementlar yordamida modellashtirishni ko'rib chiqdik, shu bilan birga geometrik va soylash normalari o'rtasidagi farqni va ularni to'g'ri transformatsiya qilish zaruratini tushuntirdik. Geometrik transformatsiyalar (translatiya, rotatsiya, masshtablash, affina, proyektiv) va proyeksiyalar (parallel va perspektiv) obyektlarni 3D fazodan 2D ekranga aks ettirish uchun matematik asosni tashkil etishini ko'rsatdik. Ayniqsa, homogen koordinatalar va matritsaviy ifodalar ularning samarali amalga oshirilishida hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Bundan tashqari, 3D obyektlarda geometrik xususiyatlarni aniqlashning turli metodlari, masalan, obyekt pozitsiyasini aniqlash, 3D simli ramkalardan foydalanish va nozik kategoriyalarni ajratish qobiliyati batafsil 3D geometrik tasvirlardan kelib chiqishini tahlil qildik. Bu yondashuvlar 2D ga asoslangan usullardagi cheklovlarni bartaraf etib, obyektlarni chuqurroq va aniqroq tushunish imkonini beradi. Nihoyat, geometrik tahlil va ilg'or vizualizatsiya texnikalari, xususan, soylash normalari va boshqa sirt detallarini ifodalash usullari vizualizatsiyaning realizmini oshirishda va obyektlar haqida yanada boyroq ma'lumot berishda muhimligini ta'kidladik.

Kelajak istiqbollari nuqtai nazaridan, 3D geometrik modellarni chuqur o'rganish va ularni sun'iy intellekt va mashinani o'rganish algoritmlari bilan integratsiyalash yanada aniqroq obyektни tanish, sahna tushunish va avtonom tizimlarni yaratishga olib keladi. Yuqori aniqlikdagi 3D skanerlash texnologiyalarining rivojlanishi va real vaqt rejimida renderlashning takomillashuvi obyektlarning geometrik jihatlarini yanada chuqur tahlil qilish va ularni interaktiv muhitlarda realistik tarzda tasvirlash uchun yangi imkoniyatlar ochadi. Bu esa virtual prototiplash, tibbiy tasvirlash, madaniy merosni raqamlashtirish va ko'plab boshqa sohalarda inqilobiy o'zgarishlarga zamin yaratishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar

[1] Detailed 3D Geometric Object Class Representations for Recognition. – https://www.researchgate.net/publication/323456789_Detailed_3D_Geometric_Object_Class_Representations_for_Recognition

[2] Code demonstrating 3D projection process. – <https://github.com/graphics-demos/3d-projection-example>

[3] Geometric Transformations in Image Processing and Computer Vision. – https://www.cs.princeton.edu/~funk/Geometric_Transformations_CV.pdf

[4] Introduction to 3D Projection. – <https://www.scratchapixel.com/lessons/3d-graphics-basics/perspective-projection/overview.html>

[5] Geometric vs. Shading Normals. – <https://learnopengl.com/Advanced-Lighting/Normal-Mapping>

[6] Correct Transformation of Normals. – <https://www.opengl-tutorial.org/intermediate-tutorials/tutorial-13-normal-mapping/#why-do-normals-need-a-different-matrix>