Bilgisayar Grafiği

Yapay Zekâ ve Veri Dersleri Rehberi · Kısım III: Sinyal, Görüntü ve Ses

Dönüşümler | Grafik boru hattı | Aydınlatma | Işın izleme | Animasyon | Komşu dersler

Sercan KÜLCÜ · Giresun Üniversitesi · Bilgisayar Mühendisliği

© Sercan Külcü. Tüm hakları saklıdır. · Sunumun etkileşimli HTML sürümü: https://sercankulcu.github.io/files/ai_courses/sunumlar/Bolum_22_Bilgisayar_Grafigi.html

GİRİŞ

Ders Hangi Soruyu Sorar?

> **Bir sahnenin tanımından gerçekçi bir görüntü nasıl üretilir?**

Bilgisayar grafiği, geometri, malzeme, ışık ve kamera ile tanımlanmış bir sahneden **görüntü üretmeyi** (rendering) inceler. Bilgisayarlı görünün tersidir: görü görüntüden sahneyi çıkarır, grafik sahneden görüntüyü üretir.

Bir bakışta

YAKLAŞIM geometri ve ışık benzetimi	**GİRDİ** sahne: model, ışık, kamera
ÇIKTI görüntü ya da animasyon	**BAŞARI ÖLÇÜTÜ** gerçekçilik, kare hızı
MATEMATİK YÜKÜ yüksek: doğrusal cebir, geometri	**VERİ İHTİYACI** gerekmez

Kısa Tarihçe

1963
Sutherland'ın Sketchpad'i ekranda kalemle çizim yapmayı gösterir; etkileşimli grafiğin başlangıcı.

1975
Phong yansıma modelini ve gölgelendirme yöntemini yayımlar; parlak yüzeyler gerçekçileşir.

1980
Whitted ışın izlemeyle yansıma, kırılma ve gölgeyi tek bir yöntemde toplar.

1986
Kajiya görüntüleme denklemini (rendering equation) yayımlar: fiziğe dayalı görüntülemenin temeli.

1995
Toy Story, tamamen bilgisayarla üretilmiş ilk uzun metrajlı film olur.

2018
Donanım destekli ışın izleme tüketici GPU'larına gelir; gerçek zamanlı ışın izleme başlar.

DERS

Temel Kavramlar

Homojen koordinat
Öteleme, döndürme ve ölçeklemeyi 4×4 matrislerle yazmak.

Model-görüş-izdüşüm
Nesne uzayından ekran uzayına giden dönüşüm zinciri.

Üçgen ağı
Yüzeyleri köşe ve üçgenlerle temsil etmek.

Rasterleştirme
Üçgenin kapladığı pikselleri bulmak.

Z-tampon
Her piksel için en yakın yüzeyi tutarak görünürlük.

Aydınlatma modeli
Ortam, yayınık ve parlak yansıma: Phong, Blinn-Phong.

Doku kaplama
Yüzeye resim ya da desen giydirmek; UV koordinatları.

Işın izleme
Kameradan ışın gönderip ışığın yolunu geriye izlemek.

Tipik İş Akışı



Örnek: Bir oyunda karakterin üçgen ağı dünya ve kamera matrisleriyle ekrana izdüşürülür, rasterleştirme her üçgenin kapladığı pikselleri bulur, gölgelendirici her pikselin rengini ışık ve dokuya göre hesaplar. Bu iş saniyede 60 kez yinelenir.

DERS

Derste Neler İşlenir?

1. Raster görüntü, renk ve gama
2. Vektörler, matrisler ve 2B/3B dönüşümler
3. Görüntüleme: kamera, izdüşüm, görüş hacmi
4. Üçgen ağları ve yüzey temsili
5. Rasterleştirme ve z-tamponla görünürlük
6. Gölgelendirme: Phong ve Blinn-Phong
7. Doku kaplama, UV koordinatları ve mipmap
8. Grafik boru hattı ve GPU gölgelendiricileri
9. Işın izleme ve hızlandırma yapıları (BVH)
10. Eğriler ve yüzeyler: Bézier, B-spline
11. Görüntüleme denklemi ve Monte Carlo yol izleme
12. Animasyon: anahtar kare, iskelet, fizik benzetimi

Kazandırdığı beceriler

OpenGL ya da WebGL ile çizim

GLSL gölgelendirici yazmak

three.js ile 3B sahne kurmak

basit bir ışın izleyici yazmak

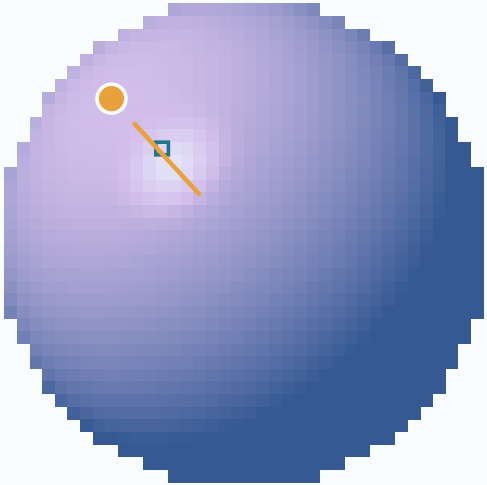
Blender'da model ve sahne hazırlamak

Tipik bir dönemin akışıdır; sıra ve kapsam üniversiteden üniversiteye değişir.

DENE

Bir Küreyi Işıkla Boyamak

Oyun motoru her karede, ekrandaki her pikselin ne kadar parlak olacağını yüzey normali ile ışık yönünden hesaplar. Işığı kaydırıcılarla gezdirin, gölgelendirme yöntemini değiştirin, küreye tıklayıp bir pikselin hesabına bakın.



Işığın yatay açısı: **-40°**

Işığın yüksekliği: **35°**

Düz (yüz başına) | **Yumuşak (piksel başına)** | **Phong parlaması**

Seçili piksel: N = (-0,34; 0,39; 0,86)
N·L = 0,94
I = 0,08 + 0,92·0,94 + 0,55·0,67 = **1,31**

1176 pikselin **959** tanesi ışığa bakıyor (%82). Normal her pikselde yeniden hesaplanır: yüzey pürüzsüz görünür.

Grafik dersi bu hesabı verir: **Lambert** yasası ($I \propto N \cdot L$), Phong parlaması ve normalin nerede hesaplanacağı. GPU aynı formülü milyonlarca piksel için her karede, paralel olarak çalıştırır.

KONUM

Ön Koşullar

Bu dersten önce bilinmesi yararlı olan dersler ve neden gerektikleri.

Ders	Neden gerekir
Doğrusal Cebir	dönüşüm matrisleri, izdüşüm
C ile Programlama	OpenGL ve Vulkan gibi arayüzler C/C++ ile kullanılır
Analitik geometri	vektör, düzlem, doğru-düzlem kesişimi: ışın izlemenin dili

KONUM

Bu Ders Sana Göre mi?

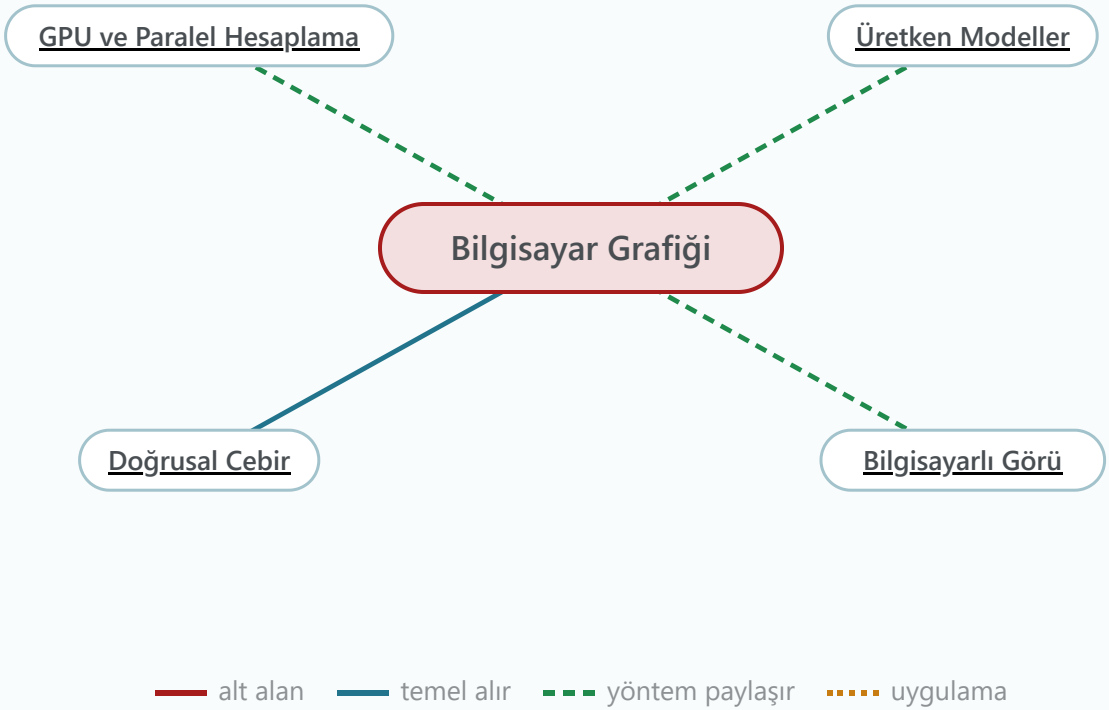
Kendine sor; "hayır" dediklerin için sağdaki sütun nereden başlayacağını gösterir.

Kendine sor	Hayırsa önce
Bir noktayı 4×4 matrisle döndürüp öteleyebiliyor musun?	Doğrusal Cebir
Bir ışının bir düzlemi kestiği noktayı bulabiliyor musun?	Analitik geometride doğru ve düzlem denklemleri
C ya da C++ ile dizi ve struct kullanan bir program yazabiliyor musun?	C ile Programlama dersi, ardından C++'a kısa bir giriş
GPU'nun neden binlerce iş parçacığını paralel çalıştırdığını açıklayabiliyor musun?	GPU Programlama ve Paralel Hesaplama

Çoğuna "evet" diyebiliyorsan derse hazırsın; bir ya da iki "hayır" dönem içinde kapanabilir.

KONUM

Dersin Komşuları



ÖRTÜŞME

Örtüştüğü Dersler

İlişki	Ders	Ortak konu
temel alır	Bu ders Doğrusal Cebir dersini temel alır	dönüşüm matrisleri, izdüşüm
yöntem paylaşır	Üretken Modeller ile yöntem paylaşır	görüntü ve sahne sentezi
yöntem paylaşır	Bilgisayarlı Görü ile yöntem paylaşır	kamera modeli; grafik sahneden görüntü, görü görüntüden sahne
yöntem paylaşır	GPU Programlama ve Paralel Hesaplama ile yöntem paylaşır	grafik boru hattı, gölgelendiriciler

AYRIŞMA

Ayrıştığı Noktalar (1/2)

Ölçüt	Bilgisayar Grafiği	Bilgisayarlı Görü	Görüntü İşleme
Temel soru	Bir sahnenin tanımından gerçekçi bir görüntü nasıl üretilir?	Bilgisayar bir görüntüde ya da videoda ne olduğunu nasıl anlar?	Bir görüntü nasıl iyileştirilir, dönüştürülür ve parçalara ayrılır?
Yaklaşım	geometri ve ışık benzetimi	görüntüden anlam çıkarma	piksel düzeyinde dönüşüm
Girdi	sahne: model, ışık, kamera	görüntü ya da video	görüntü
Çıktı	görüntü ya da animasyon	etiket, kutu, derinlik, 3B yapı	işlenmiş görüntü ya da bölgeler
Başarı ölçütü	gerçekçilik, kare hızı	doğruluk, mAP, IoU	görsel kalite, PSNR
Matematik yükü	yüksek: doğrusal cebir, geometri	yüksek: geometri, doğrusal cebir	orta: evrişim, Fourier
Veri ihtiyacı	gerekmez	çok etiketli görüntü	az; öğrenme şart değil

- **Bilgisayarlı Görü:** Bilgisayarlı görü görüntüden sahneyi çıkarmaya çalışır; bilgisayar grafiği sahneden görüntüyü üretir.
- **Görüntü İşleme:** Görüntü işleme var olan bir görüntüyü dönüştürür; bilgisayar grafiği görüntüyü geometri ve ışıktan sıfırdan üretir.

AYRIŞMA

Ayrıştığı Noktalar (2/2)

Ölçüt	Bilgisayar Grafiği	Üretken Modeller	GPU ve Paralel Hesaplama
Temel soru	Bir sahnenin tanımından gerçekçi bir görüntü nasıl üretilir?	Bir model gerçek veriye benzeyen yeni örnekleri nasıl üretir?	Binlerce çekirdek aynı hesabı nasıl paylaşır?
Yaklaşım	geometri ve ışık benzetimi	veri dağılımını öğrenme	veri paralel hesaplama
Girdi	sahne: model, ışık, kamera	çok büyük, çoğu etiketsiz veri	paralelleştirilebilir algoritma
Çıktı	görüntü ya da animasyon	yeni örnek: görüntü, metin, ses	hızlandırılmış program
Başarı ölçütü	gerçekçilik, kare hızı	gerçekçilik ve çeşitlilik (FID vb.)	hızlanma, bellek bant genişliği
Matematik yükü	yüksek: doğrusal cebir, geometri	yüksek	düşük-orta
Veri ihtiyacı	gerekmez	çok fazla	gerekmez

- **Üretken Modeller:** Üretken modeller görüntüyü veriden öğrenerek sentezler; bilgisayar grafiği onu fizik ve geometri kurallarıyla hesaplar.
- **GPU ve Paralel Hesaplama:** GPU programlama genel paralel hesaba odaklanır; bilgisayar grafiği GPU'yu görüntü üretmenin aracı olarak kullanır.

UYGULAMA

Uygulama Alanları

Oyunlar
Saniyede onlarca kare üreten gerçek zamanlı grafik.

Film ve animasyon
Fiziğe dayalı, kare başına dakikalar süren görüntüleme.

CAD ve mimari
Tasarımı üretmeden önce görmek.

Benzetim
Uçuş ve sürüş benzetimcileri.

Sanal gerçeklik
İki göz için düşük gecikmeli görüntü.

Bilimsel görselleme
Tıbbi hacim verisi, akış ve hava modelleri.

UYGULAMA

Riskler ve Etik

Fotogerçekçi sahte görüntü

Gerçekçi görüntüleme, hiç yaşanmamış bir olayın fotoğrafını ya da videosunu inandırıcı biçimde üretmeyi kolaylaştırır.

Işığa duyarlı epilepsi

Hızlı yanıp sönen parlak desenler nöbet tetikleyebilir; 1997'de Japonya'da bir Pokémon bölümü yüzlerce çocuğu hastaneye taşıdı.

Sanal gerçeklik tutması

Yüksek gecikme ya da düşük kare hızı VR'da baş dönmesi ve bulantı yapar; zamanlama da görüntü kadar güvenlik konusudur.

İkna edici ama yanlış

Mimari ya da bilimsel görsellemede ışık ve malzeme yaklaşık hesaplanır; güzel bir görüntü yanlış bir kararı haklı gösterebilir.

Ayrıntılı tartışma: Açıklanabilir Yapay Zekâ ve Yapay Zekâ Etiği.

UYGULAMA

Araçlar ve Örnek Veriler

Araçlar ve kütüphaneler

OpenGL | Vulkan | WebGL ve three.js | Blender | Unity | Unreal Engine

Klasik test sahneleri

Utah çaydanlığı | Stanford tavşanı | Cornell kutusu | Sponza atriyumu | Suzanne (Blender)

Grafik dersinde veri seti yerine **sahne** verilir: geometri, malzeme, ışık ve kamera bilindiğinde görüntü hesaplanır.

UYGULAMA

Sık Karıştırılanlar

Yaygın düşünce	Doğrusu
Bilgisayar grafiği yalnızca oyun yapmaktır.	Film, mimari, tıp, benzetim ve bilimsel görselleme de grafiğin uygulamalarıdır.
Işın izleme yeni bir buluştur.	Yöntem 1980'den beri bilinir; yeni olan, onu gerçek zamanda çalıştıran donanımdır.
Grafik ile bilgisayarlı görü aynıdır.	Biri birbirinin tersidir; kamera modelini paylaşırlar ama yönleri zıttır.
Gerçekçilik için daha çok üçgen yeter.	Işık, gölge ve malzeme çoğu zaman geometrinin ayrıntısından daha belirleyicidir.

SONRASI

Bu Dersten Sonra

Bu dersi temel alan ya da genişleten dersler

Bu ders çoğunlukla uç noktadır; öteki dersleri temel alır.

İlgili meslekler

Grafik programcısı | Oyun motoru geliştiricisi | Teknik sanatçı | XR geliştiricisi | Görselleme mühendisi

Grafik, doğrusal cebiri ve GPU programlamayı en somut biçimde kullanan derstir. Buradan gerçek zamanlı görüntülemeye, fiziğe dayalı görüntülemeye ya da ters yönde bilgisayarlı görüye geçilebilir; üretken modeller ve nöral görüntüleme iki alanı giderek birleştirmektedir.

SONRASI

Kaynaklar

- Marschner ve Shirley, *Fundamentals of Computer Graphics*, 4. baskı, CRC Press, 2016.
- Hughes, van Dam, McGuire ve ark., *Computer Graphics: Principles and Practice*, 3. baskı, Addison-Wesley, 2013.
- Akenine-Möller, Haines, Hoffman ve ark., *Real-Time Rendering*, 4. baskı, CRC Press, 2018.
- Pharr, Jakob ve Humphreys, *Physically Based Rendering*, 4. baskı, MIT Press, 2023.

Son

Bölüm 22: Bilgisayar Grafiği

← Önceki bölüm · Alanın haritası · Sonraki bölüm →