گرافیک و انیمیشن رایانه‌ای
از شکل گیری تا تکامل

دانش گیتی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

کامپیوترها از دهه ۱۹۴۰ وارد زندگی ما شده‌اند. اما مدت زیادی نیست که از آن‌ها در زمینه هنرهای زیبای بصری و تصویری استفاده می‌شود. در ۱۹۵۰ایده ترکیب تکنولوژی و پدیده‌های بصری در تلویزیون، «اسیلسکوپ» و حتی رادارهای صفحه‌ای مشاهده شد. شاید به جرأت بتوان گفت، اولین قدم عمده در زمینه گرافیک کامپیوتری را «ایوان ساترلند» با اختراع سیستم طراحی الکترونیکی خود در ۱۹۶۱ برداشت.این سیستم بر مبنای طرح برداری (Vector-Based) کار می کرد و متشکل بود از یک قلم نوری (Light Pen) که به کاربر اجازه خلق و طراحی مستقیم، روی صفحه نمایش را می‌داد. «گرافیک بُرداری»، هسته اولیه هنر گرافیک محسوب می‌شود که امروزه در بازی‌های کامپیوتری و جلوه‌های ویژه سینمایی، بسیار رایج است. در ۱۹۶۷ «ساترلند» به «دیویدایوانز» در دانشگاه «یوتا» پیوست، تا یک برنامه کامپیوتری گرافیکی آموزشی را تولید کنند.این اولین تلاش برای آمیزش هنر و علم محسوب می‌شد. در آن زمان دانشگاه «یوتا» در زمینه تحقیقات گرافیک کامپیوتری (Computer Graphics) یا به اختصار (CG)، دارای اعتبار قابل توجهی شده بود و بسیاری از افراد برجسته جذب‌این دانشگاه شدند که بعدها، به قطب‌های بزرگ صنعت CG تبدیل گردیدند. مثلاً «جیم کلارک»، بنیان گذار «سیلیکون گرافیک» که امروزه مادر صنعت CG در جهان محسوب می‌شود و قطب اصلی‌این صنعت است، «ادکاتمول» (Ed Catmull) از اولین افرادی بود که فیلم انیمیشن کامپیوتری را خلق کرد یا «جان وارنوک» (John Warnok)، بنیان گذار سیستم‌های گرافیکی (Adobe) که طراح محصولات صنعتی مهمی مثل فتوشاپ و یا «پست اسکریپت» هستند.

ابداع و گسترش الگوریتم 3D

پیشگامان CG، نظریه اصلی 3D (فضای سه بعدی) را چنین عرضه کردند: استفاده از کامپیوتر، برای‌ایجاد یک ترسیم پرسپکتیو، از هر چیزی که به طور بصری، از یک سری قطعات هندسی کوچک - معمولاً مستطیل - تشکیل شده باشد، اما گاهی می توان از کره یا سهمی هم استفاده کرد.

هندسه کلی به شکل جامد به نمایش در می‌آمد، با پیش زمینه‌ای هندسی، که پس زمینه‌ای هندسی را تیره و تار می‌کرد. بعد از آن خلق نورهای مجازی پیش آمد.این نورها می‌توانستند سطوح

صاف (Smooth) و سایه دار (shaded) از اجزای فضای سه بعدی را بازسازی نمایند. حد واسط ناحیه سایه دار، از یک گوشه هندسی به گوشه دیگر، شکل‌هایی صیقلی تر و منحنی‌هایی طبیعی تر به دست داد.این ابداع به نام خالقش، «هنری گوراد»، روش Gouraud Shading (سایه زنی گوراد) نامیده شد.این روش صیقلی کردن سطوح هندسی سه بعدی، از نظر ارقامی و آماری بهینه است و امروزه در بیشتر کارت‌های گرافیکی سه بعدی (Real Time) استفاده می‌شود. هنگامی که در ۱۹۷۱، گوراداین سیستم را طرح کرد، کامپیوترها قادر بودند فقط ساده ترین تصاویر را، با آهسته ترین سرعت ممکن رندر کنند.

در ۱۹۷٤، «ادکاتمول» (Ed Catmull) نظریه محور Z، را مطرح کرد.ایده‌ای که بر مبنای آن، اگر یک محور افقی (X) و یک محور عمودی (Y) برای اجزای تشکیل دهنده تصویری، تعریف شده باشد؛ هر جز همزمان می‌تواند عمقی هم، در راستای محور Z مطرح شده، داشته باشد.این نظریه،حذف سطوح نامریی را سرعت بخشید و اکنون هم برای کارت‌های گرافیکی 3D استاندارد، تعریف شده است. اختراع مهم دیگر «کاتمول» پوشاندن یک هندسه سه بعدی، به وسیله یک طرح دو بعدی بود.این روش موسوم به (Texture Mapping) سنگ بنای رئالیسم در گرافیک سه بعدی است. قبل ازاین روش، اشیا در فضای سه بعدی، فقط یک رنگ ثابت و یکنواخت داشتند. بنابراین برای ساختن یک دیوار آجری لازم بود که تک تک آجرها، با یک رنگ ثابت ساخته شوند و خطوط آن‌ها به عنوان سیمان، جداگانه طراحی می‌شد. بعد انیماتور با دقت و سختی زیاد همه‌این‌ها را با هم ترکیب می‌کرد، تا موضوع مورد نظر خلق شود. اما با (Texture Mapping) فقط با یک عکس ساده از یک آجر معمولی و اعمال آن روی شکلی مثل مکعب مستطیل، می‌شد یک دیوارایجاد کرد که همان ظرافت و زیبایی را داشته باشد و در عین حال، در میزان حافظه نیز صرفه جویی می‌شد.

نظریه گوراد در ۱۹۷٤ توسط «بوی - تونگ فونگ» (Bui- toung Phong) کامل شد. دراین روش جدید به جای سایه زنی گوشه به گوشه (روش گوراد) از روش سایه دار کردن مقطعی، در سراسر سطح شی‌ای سه بعدی، استفاده می‌شود. البته‌این روش تا صد برابر، کُندتر از روش گوراد انجام می‌شد، اما به ارایه یک تصویر فرا واقعی از پلاستیک، با تمام خصوصیات پلاستیک واقعی، که در فضای سه بعدی شبیه سازی شده بود، منجر گردید.این روش به (Phong shading) موسوم است. «جیمز بلین» (James Blinn) در ۱۹۷٦ عناصر اصلی دو روش فونگ و کاتمول را با هم ترکیب کرد و برای اولین بار به یک سطح برجسته رسید (Bump Mapping). وقتی که بردارهای عمود، بر سطح اجزای تشکیل دهنده یک شکل سه بعدی را می‌شد به طور مجازی به وسیله روش فونگ صیقلی کرد و طبق نظریه کاتمول، تصویری دو بعدی را روی جسم سه بعدی کشید، چرااین بردارهای عمود بر سطح را به هم ریخته و مغشوش نکرد، تا تصویر صاف و صیقلی، تبدیل به سطحی زِبر و برجسته، فرو رفته شود؟!

بنابراین نظریه، یک رنگ خاکستری ملایم، نقاط برجسته را شبیه سازی می‌کرد و رنگ سیاه، برای شبیه سازی فرو رفتگی‌ها به کار می‌رفت. در (Bump Mapping) دقیقاً، مثل متد «فونگ و گوراد»، خود شکل هندسی بی تغییر باقی می‌ماند و فقط سطح بیرونی آن، دست خوش تغییر می‌شود. به هر حال، ابداع بلین گام مهم دیگری در تکامل رئالیسم، در گرافیک سه بعدی محسوب می‌شود. طبیعی است که وقتی روش Texture Mapping با Bump Mapping ترکیب شود، شکل‌های واقعی تری از تصاویر سه بعدی عرضه می‌کند.

بلین هم چنین برای اولین بار، روش بازتاب محیطی (Environmental Reflection) را در فضای سه بعدی مطرح کرد. او پیشنهاد کرد یک محیط مکعبی، از رندر کردن شش وجه مکعب، از مرکز به بیرون ایجاد شود. این شش تصویر در واقع، تصاویر معکوس شده همان جسم هستند، که حالا آن را احاطه کرده‌اند. اما با مختصات ساکن، که تصویر با حرکت جسم حرکت نکند. نتیجه این است که به نظر می‌رسد، جسم دارد محیط اطراف را روی سطح خود، منعکس می‌کند. تکنیکی که به نظر خوب می‌رسید، مگر در مواقعی که در طول انیمیشن، بخش‌هایی از محیط باید حرکت می‌کرد یا سریع تغییر شکل می‌داد. در ۱۹۸۰ «ترنر ویتد» (Turner Whitted) یک تکنیک جدید رندرینگ، موسوم به «پرتونگاری» (Raytracing) را ابداع کرد. به وسیله این روش، شکست‌ها و باز تابش‌های نوری، به طرز طبیعی و چشمگیری، در فضای سه بعدی خلق می‌شوند. این روش خیلی گران است، اما نتیجه آن فوق العاده است. در طبیعت، دو نوع باز تابش نور وجود دارد: دسته‌ای از مواد نور را از خود عبور می‌دهند، مثل شیشه و دسته‌ای دیگر نور را کاملاً منعکس می‌کنند، مثل کُرم. اما هر دو دسته، جزو اجسام شفاف، محسوب می‌شوند. (Raytracing) دقیقاً از نمونه‌های واقعی موجود در طبیعت الگو برداری می‌کند.

در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ کمپانی‌های مستقل و بزرگی مثل الیاس (Alias) و ویو فرانت (Wave Front) تصمیم به همکاری با هم گرفتند و به‌این ترتیب یکی از غول‌های صنعت انیمیشن و گرافیک کامپیوتری موسوم به (Alias Wave Front) به وجود آمد که مهمترین محصول آن، نرم افزار مایا است. لازم به ذکر است که مایا در سال ۲۰۰۳ جایزه اسکار بهترین دستاورد علمی سینما را، از سوی آکادمی علوم سینمایی آمریکا، به خود اختصاص داد. ازاین برنامه در فیلم‌هایی چون ***تایتانیک***، ***گلادیاتور***، ***استوارت لیتل***، ***شرک***، ***ارباب حلقه‌ها*** و ... استفاده شده است.

نظریات بنیادی

رنگ‌های اصلی - نورهای اصلی

در طبیعت سه رنگ اصلی با عناوین (قرمز، زرد و آبی) تعریف شده‌اند و بقیه رنگ ها، از ترکیب این سه، به دست می‌آیند. اگر این سه رنگ را، سه رأس یک مثلث در نظر بگیریم (قرمز در بالا، آبی در پایین طرف چپ و زرد در پایین سمت راست قرار می‌گیرند) از ترکیبات دو تایی هر جفت از آن ها، رنگ‌های جدید، موسوم به رنگ‌های ثانویه تولید

می‌شـود، که عبارتند از: نارنجی، سـبز و بنفش، رنگ‌های سـبز، آبی و بنفش را رنگ‌های سـرد (Cool Colors) و قرمـز، نارنجـی و زرد را رنگ‌های گرم (Warm Colors) می‌نامند. در مثلث رنگ با شرایط گفته شده، رنگ‌هایی که رو به روی هم قـرار می‌گیرند را، رنگ‌های مکمل می‌نامنـد. مثل آبی و نارنجی. معمولاً برای ایجاد تأثیرات چشمگیر و دراماتیک در صحنه، هنگام صحنه آرایی، از ترکیب رنگ‌های مکمل استفاده می‌شود. در گرافیک کامپیوتری، سه رنگ اصلی را قرمـز، سـبز و آبـی تعریف می‌کننـد. مثلث رنـگ دراین حالت به همان حالت قبل اسـت، فقـط در یکی از سـه رأس اصلی، به جای زرد، رنگ سـبز قرار دارد. رنگ‌هـای اصلی در CG را اصطلاحـاً RGB (Red، Green، blue) می‌نامند. رنگ‌های ثانویه طبق‌این تعریف شامل: زرد، یشمی و یاقوتی هستند. مطابق‌این تعریف، رنگ مانیتور به خودی خود سـیاه است و رنگ سیاه، رنگی اسـت که از عدم ترکیب رنگ‌های مختلـف به دسـت می‌آید. یعنی اگر شـما هیچ ترکیبـی از رنگ‌های اصلـی و ثانویـه راایجاد نکنید، رنگ سـیاه خواهید داشت. به عنوان مثال ترکیـب RGB = ۲۵۵،۰،۰ مولـد رنـگ قرمز، RGB = ۰،۰،۲۵۵ معـرف رنـگ آبـی و RGB = ۰،۲۵۵،۰ بیانگـر رنگ سـبز هسـتند. حداکثر مقدار RGB یعنی ۲۵۵،۲۵۵،۲۵۵ RGB= تولید کننده رنگ سـفید اسـت و حداقل مقدار آن ۰،۰،۰ RGB= رنـگ سـیاه را بـه وجـود مـی‌آورد. تعریف اول برای سـه رنگ اصلی را Subtractive می‌نامنـد و سـه رنگ اصلی در تعریف دوم را Additive می‌گویند.

حافظه و ترکیب رنگ

در کامپیوترهای اولیه که کارت‌های گرافیکی سه بعدی و قوی، در بازار وجود نداشت و میزان حافظـه محدود بـود، به هر پیکسـل یک بایت (معـادل ۸ بیت) حافظه اختصاص داده می‌شـد که‌این هشـت بیـت ترکیبات مختلـف۶ رنگ آمیزی آن پیکسـل خـاص را تعریف می‌کردند. از آنجـا کـه هر بیت حداکثر یکـی از دو مقدار (صفر یا یک) را بیشـتر نمی‌تواند بپذیرد، برای یک پیکسـل (بـا یک بایـت حافظـه) حداکثر می‌شود «۲۸» یعنی ۲۵۶ رنگ تعریف کرد. (در سـاده ترین حالت ممکن، پیکسـل‌ها فقط، دو رنگ سـیاه و سـفید را می‌پذیرفتند واندکی بعد به هر پیکسـل نیم بایت، معـادل ٤ بیت حافظه تعلق گرفت که نهایتاً ۱٦ رنگ، برای هر پیکسل قابل تخصیـص بود). با اضافه شـدن حافظه و پیشـرفت کارت‌های ویدیویی، میزان بیشتری از حافظه، به یک پیکسـل اختصاص یافت. مثلاً ۲ یا ۳ بایت. بنابراین برای هر پیکسـل، به ترتیب $۲^{۱٦}$ و $۲^{۲٤}$ حالـت مختلـف از ترکیـب رنگ به وجود آمد.این حالت‌ها را اصطلاحاً «۱٦ bit» و «۲٤ bit» می‌نامنـد و طبق‌ایـن روش، بیـش از شانزده و یک دهم میلیون رنگ، برای هر پیکسل تعریف می‌شود.

در سیسـتم‌های امـروزی از ٤ بایت حافظه، برای هر پیکسـل اسـتفاده می‌شـود. یعنی $۲^{۳۲}$ حالت برای هر پیکسـل تعریف می‌شـود و آن را اصطلاحـاً ۳۲bit می‌نامنـد. امااین به معنای آن نیسـت که برای هر پیکسل، امکان $۲^{۳۲}$ رنگ مختلف (که حدود چند ده میلیون رنگ می‌شود.) وجـود دارد. در واقع عمـلاً همان $۲^{۲٤}$ رنگ، در

حالت 32bit نیز به کار می‌رود و ۲۵٦ رنگ دیگر به پدیده‌ای موسوم به Alpha Channel (کانال آلفا) اختصاص می‌یابد. از کانال آلفا، برای ترکیب رنگ‌ها وایجاد لایه‌های مختلف و ادغام کردن آن‌ها با هم استفاده می‌شود.

نور پردازی

به جرأت می‌توان گفت که نورپردازی، در صحنه‌های سه بعدی حساس ترین کار است و بیشترین دقت را می‌طلبد. تمام جلوه یک صحنه خاتمه یافته، به دقت و مهارت در نور پردازی آن بستگی دارد. در گرافیک کامپیوتری و انیمیشن، به صورت پیش فرض، دو نور در صحنه وجود دارند، که صحنه را روشن می‌کنند (default Lighting) منابع این نورها قابل رؤیت نیستند. جایگاه‌این نورها، معمولاً در بالا سمت چپ و پایین سمت راست صحنه هستند. با به وجود آوردن نورهای اضافی توسط انیماتور، تأثیر نورهای پیش فرض، در صحنه از بین می‌رود. منابع نوری که با دست‌ایجاد می‌شوند، قابلیت تنظیم شدن، برای‌ایجاد سایه و نیم سایه، نورهای رنگی، باز تابش، شکست، جلوه‌های ویژه و ... را دارند.

مدل نورپردازی استاندارد (standard Lighting Model)

این مدل، شامل قراردادن سه نور اصلی، در صحنه است و معمولاً موقع کار با هر نرم افزار 3D مورد استفاده قرار می‌گیرد.این روش حداقل نورهای لازم وابسته رایج تر در صحنه‌ها را پیشنهاد می‌کند.

۱- Key Light (نور کلیدی):معمولاً این نور را طوری قرار می‌دهند، که از جلو به شی یا منظره مورد نظر بتابد. اگراین منظره را از دیدگاه یک دوربین فیلم برداری (که البته در فضای سه بعدی، مجازی است) می‌بینید، نور کلید در کناراین دوربین، قرار می‌گیرد.

۲- Fill Light (نور مکمل): معمولاً در زاویه‌ای بین ۷۵ تا ۹۰ درجه نسبت به نور کلیدی، در صحنه قرار می‌گیرد. پارامترهای تولید سایه را می‌توان، برای‌این نور تعریف کرد. (در صورتی که نور مکمل را بدون سایه به کار ببرند، فقط نور کلید است که در صحنه، سایه و نیم سایه‌ایجاد می‌کند و نورهای مکمل و زمینه، فقط روشنایی صحنه را زیاد می‌کنند، ولی سایه‌ایجاد نمی‌کنند)

۳- Back Light (نور زمینه): در پشت منظره یا شی قرار می‌گیرد و روشنایی زمینه را تأمین می‌کند.

روش‌های اصلی گرافیک کامپیوتری

در گرافیک کامپیوتری، دو نوع روش اصلی پیشنهاد می‌شود: (روش برداری) Vector Based و (پیکسل) Pixel.

۱- روش برداری:این روش اتصال دو نقطه متوالی، به وسیله یک خط را پیشنهاد می‌کند. از توالی‌این نقاط و بردارها، شکل مورد نظر یا حجم هندسی به وجود می‌آید.این روش را گاهی (Line Art) نیز می‌نامند. کیفیت تصاویر دراین مدل طراحی، با بزرگ یا کوچک کردن، تغییری نمی‌کند. چون بردارها، با مقیاس مشخصی بزرگ یا کوچک می‌شوند. از مطرح ترین برنامه‌های برداری می‌توان، به (Corel Draw) یا (Adobe Illustrator) اشاره کرد.

۲- روش پیکسل: در مدل پیکسل، آرایه‌ای از نقاط مستطیلی شکل، که به هر کدام یک پیکسل می‌گویند، پیشنهاد می‌شود. از کنار هم قرار گرفتن این پیکسل ها، شکل یا تصویر اصلی به وجود می‌آید. رنگ تصویر، تابع رنگ پیکسل هاست. اندازه آرایه پیکسل‌های مطلق یک تصویر، در واقع (وضوح) Resolution آن تصویر نامیده می‌شود. وضوح یک تصویر را با واحد DPI (مخفف عبارت Dot Per Inch به معنای نقطه در واحداینچ) بیان می‌کنند، مثلاً ۳۵ میلیمتر فیلم انیمیشن، معمولاً ۲۰۴۸ پیکسل، در ۱۵۳۶ پیکسل دارد. تصاویرایجاد شده، به وسیله پیکسل‌ها را (bit map) می‌نامند. Bitmapها بر خلاف بردارها، قابلیت بزرگ نمایی بدون تغییر، در وضوح تصویر را ندارند. اگر شما یک تصویر را بیش از حد معینی بزرگ (یا کوچک) کنید، در واقع پیکسل‌ها را بزرگ کرده‌اید و در نهایت به مجموعه‌ای از اشکال مربعی با رنگ‌های مستقل و مختلف می‌رسید که وضوح تصویر کلی را، کاملاً بر هم می‌زنند. در برنامه‌ای کاربردی دراین روش، می‌توان فتوشاپ (Photo Shop) را نام برد. در گرافیک و انیمیشن کامپیوتری، از هر دو روش برداری و پیکسل استفاده می‌شود.

در CG علاوه بر موارد مطرح شده، از تعاریف اصلی دیگری، مثل زاویه پرسپکتیو، دوربین، روشنایی و کنتراست، جهت یابی و حرکت و ... نیز استفاده می‌شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی