

لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ



دانشگاه صنعتی اصفهان  
مهندسی برق و کامپیوتر

## بررسی سیستم گراف انیمیشن در موتور بازی سازی آنریل و و پیاده سازی یک سیستم انیمیشن با استفاده از OpenGL

پایان نامه کارشناسی مهندسی کامپیوتر

نامی نذیری

استاد راهنما  
دکتر مازیار پالهنک



دانشگاه صنعتی اصفهان  
مهندسی برق و کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی رشته مهندسی کامپیوتر آقای نامی نذیری  
تحت عنوان

بررسی سیستم گراف انیمیشن در موتور بازی سازی آنریل و  
و پیاده سازی یک سیستم انیمیشن با استفاده از OpenGL

در تاریخ ۱۳۹۵/۱۰/۲۰ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت:

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر مازیار پالهنک

۲- استاد داور دکتر داور اول

۳- استاد داور دکتر داور دوم

سرپرست تحصیلات تکمیلی دانشکده دکتر تحصیلات تکمیلی دانشکده

کلیه حقوق مالکیت مادی و معنوی مربوط به این پایان نامه متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان و پدیدآورندگان است. این حقوق توسط دانشگاه صنعتی اصفهان و بر اساس خط مشی مالکیت فکری این دانشگاه، ارزش گذاری و سهم بندی خواهد شد. هر گونه بهره برداری از محتوا، نتایج یا اقدام برای تجاری سازی دستاوردهای این پایان نامه تنها با مجوز کتبی دانشگاه صنعتی اصفهان امکان پذیر است.

## فهرست مطالب

| <u>صفحه</u> | <u>عنوان</u>                    |
|-------------|---------------------------------|
| شش          | فهرست مطالب                     |
| هشت         | فهرست شکل‌ها                    |
| نه          | فهرست جدول‌ها                   |
| ده          | فهرست الگوریتم‌ها               |
| ۱           | چکیده                           |
| ۲           | فصل اول: مقدمه                  |
| ۲           | ۱-۱ موتور بازی‌سازی             |
| ۳           | ۲-۱ موتور بازی‌سازی آنریل       |
| ۴           | ۳-۱ انیمیشن‌های کامپیوتری       |
| ۵           | فصل دوم: انیمیشن‌های اسکلتونی   |
| ۵           | ۱-۲ مدل اسکلتونی                |
| ۶           | ۲-۲ شبکه‌ی <sup>۱</sup> چندضلعی |
| ۶           | ۱-۲-۲ راس                       |
| ۶           | ۲-۲-۲ لبه                       |
| ۶           | ۳-۲-۲ وجه                       |
| ۷           | ۴-۲-۲ چندضلعی                   |
| ۷           | ۳-۲ مدل                         |
| ۷           | ۴-۲ زیرمش <sup>۲</sup>          |
| ۷           | ۵-۲ ماده <sup>۳</sup>           |
| ۸           | ۶-۲ بافت <sup>۴</sup>           |
| ۸           | ۷-۲ اسکلت                       |
| ۸           | ۸-۲ Skinning                    |
| ۸           | ۹-۲ کلیپ‌های انیمیشنی           |
| ۹           | ۱۰-۲ ترکیب انیمیشن              |
| ۱۰          | فصل سوم: آشنایی با موتور بازی   |
| ۱۰          | ۱-۳ ساخت پروژه                  |
| ۱۳          | ۲-۳ ویرایشگر آنریل              |
| ۱۴          | ۳-۳ زبان برنامه‌نویسی           |
| ۱۴          | ۴-۳ رایج‌ترین اصطلاحات          |
| ۱۴          | ۱-۴-۳ پروژه                     |

<sup>1</sup>Mesh

<sup>2</sup>Sub-Mesh

<sup>3</sup>Material

<sup>4</sup>Texture

|         |                                   |
|---------|-----------------------------------|
| ۱۵..... | ۲-۴-۳ شیء                         |
| ۱۵..... | ۳-۴-۳ بازیگران <sup>۱</sup>       |
| ۱۵..... | ۴-۴-۳ تغییر نوع داده <sup>۲</sup> |

|         |   |
|---------|---|
| ۱۶..... | فصل چهارم: معماری موتور بازی سازی آنریل |
| ۱۶..... | ۱-۴ UObject و Actors                    |
| ۱۷..... | ۲-۴ Components                          |
| ۱۹..... | پیوست ها                                |
| ۲۰..... | مراجع                                   |

---

<sup>1</sup> Actors  
<sup>2</sup> Casting

## فهرست شکل ها

| <u>صفحه</u> | <u>عنوان</u>   |
|-------------|--|
| ۱۱.....     | شکل ۳-۱: مرورگر پروژه های آنریل                          |
| ۱۲.....     | شکل ۳-۲: قالب پروژه های آنریل                            |
| ۱۳.....     | شکل ۳-۳: تنظیم پروژه های آنریل                           |
| ۱۳.....     | شکل ۳-۴: ویرایشگر آنریل                                  |
| ۱۸.....     | شکل ۴-۱: تصویر UML کلاس های پایه ی موتور بازی سازی آنریل |

## فهرست جدول‌ها

صفحه

عنوان

جدول ۱-۳: مدل‌های تبدیل ..... ۱۴





## فهرست الگوریتم‌ها

چکیده

کلمات کلیدی

## فصل اول

### مقدمه

#### ۱-۱ موتور بازی سازی

موتورهای بازی سازی پلتفرم هایی هستند که ساخت بازی های رایانه ای را آسان تر می کنند. آن ها به شما این امکان را می دهند تا عناصر بازی مانند انیمیشن، تعامل با کاربر یا تشخیص برخورد میان اشیاء را در یک واحد ادغام و ترکیب کنید. [۱] زمانی که از اصطلاح موتور بازی سازی استفاده می کنیم منظورمان نرم افزارهای قابل توسعه ای هستند که می توانند پایه و اساس بسیاری از بازی های مختلف باشند. [۲] موتورهای بازی سازی متشکل از اجزای مختلفی هستند که قابلیت های لازم برای ساخت بازی را فراهم می کنند. رایج ترین اجزای موتور بازی عبارتند از: [۱]

- مولفه ی صدا: نقش اصلی این مولفه تولید جلوه های صوتی در بازی است.
- موتور رندر: وظیفه اصلی این مولفه تبدیل داده های ورودی به پیکسل ها، برای به تصویر کشاندن بر روی صفحه است.
- مولفه هوش مصنوعی: این مولفه مسئولیت ارائه ی تکنیک هایی برای تعریف قوانین رفتار شخصیت هایی را دارد که توسط بازیکنان کنترل نمی شوند.
- مولفه انیمیشن: نقش اصلی این مولفه اجرای انیمیشن های مختلف مانند حرکت است.
- مولفه شبکه: وظیفه اصلی این مولفه قادر ساختن بازی همزمان بازیکنان با یکدیگر، از طریق استفاده از دستگاه های

متصل به اینترنت است.

- مولفه منطق یا مکانیک بازی: این مولفه قوانین حاکم بر دنیای مجازی، ویژگی‌های شخصیت‌های بازیکنان، هوش مصنوعی و اشیاء موجود در دنیای مجازی و همچنین وظایف و اهداف بازیکنان را تعریف می‌کند.
- ابزارهای نرم‌افزاری: وظیفه اصلی این ابزارها افزایش راندمان و سرعت تولید بازی با موتور بازی‌سازی است. آن‌ها توانایی اضافه کردن بسیاری از عناصر مختلف را به بازی‌ها، از انیمیشن و جلوه‌های صوتی گرفته تا الگوریتم‌های هوش مصنوعی، را فراهم می‌کنند.

## ۲-۱ موتور بازی‌سازی آنریل

اولین نسل موتور بازی‌سازی آنریل توسط تیم سوینی، بنیانگذار اپیک گیمز<sup>۱</sup>، توسعه یافت. سوینی در سال ۱۹۹۵ شروع به نوشتن این موتور برای تولید بازی تیراندازی اول شخصی به اسم غیرواقعی<sup>۲</sup> کرد. نسخه‌ی دوم موتور بازی‌سازی آنریل در سال ۲۰۰۲ منتشر شد. نسخه سوم نیز در سال ۲۰۰۴ پس از اینکه حدود ۱۸ ماه در حال توسعه بود منتشر شد. در این نسخه، معماری پایه‌ای موجود در نسخه‌ی اول مانند طراحی شی گرا، اسکریپت‌نویسی مبتنی بر داده و رویکرد نسبتاً ماژولار نسبت به زیرسیستم‌ها وجود داشت. اما برخلاف نسخه دوم که از یک خط لوله با عملکرد ثابت<sup>۳</sup> استفاده می‌کرد، این نسخه به صورتی طراحی شده بود تا بتوان قسمت‌های سایه‌زنی سخت‌افزاری<sup>۴</sup> را برنامه‌نویسی کرد. موتور بازی‌سازی آنریل ۴ در سال ۲۰۱۴ در کنفرانس توسعه‌دهندگان بازی<sup>۵</sup> منتشر شد. این نسخه با طرح کسب و کار اشتراکی برای توسعه‌دهندگان در دسترس قرار گرفت. این اشتراک به صورت ماهانه، با پرداخت ۱۹ دلار آمریکا به توسعه‌دهندگان این اجازه را می‌داد تا به نسخه‌ی کامل موتور، از جمله کد منبع C++ آن دسترسی پیدا کنند. البته در سال ۲۰۱۵ اپیک گیمز موتور بازی‌سازی آنریل را به صورت رایگان برای همگان منتشر ساخت. آخرین نسخه آنریل به اسم موتور بازی‌سازی آنریل ۵ در سال ۲۰۲۰ معرفی شد. این نسخه از تمام سیستم‌های موجود از جمله کنسول‌های نسل بعدی پلی‌استیشن ۵<sup>۶</sup> و ایکس‌باکس سری X/S<sup>۷</sup> پشتیبانی می‌کند. کار بر روی این موتور حدود دو سال قبل از معرفی آن شروع شده بود. در سال ۲۰۲۱ نسخه‌ای از آن به صورت دسترسی اولیه منتشر شد. به طور رسمی در سال ۲۰۲۲ نسخه‌ی کامل این موتور برای توسعه‌دهندگان انتشار یافت. [۳]

<sup>۱</sup>Epic Games

<sup>۲</sup>Unreal

<sup>۳</sup>fixed-function pipeline

<sup>۴</sup>shader hardware

<sup>۵</sup>GDC

<sup>۶</sup>PlayStation 5

<sup>۷</sup>Xbox Series X/S

## ۳-۱ انیمیشن‌های کامپیوتری

## فصل دوم

### انیمیشن‌های اسکلتونی

انیمیشن اسکلتونی تکنیکی در انیمیشن‌های کامپیوتری است که در آن شخصیت درون بازی به دوبخش تقسیم می‌شود. یک بخش، یک مش یا پوسته است که برای به نمایش کشاندن آن شخصیت در محیط سه‌بعدی استفاده می‌شود و بخش دوم یک اسکلت است. این اسکلت مجموعه سلسله مراتبی از قطعات به هم پیوسته است که به هر قطعه یک مفصل گویند. در این فصل به بررسی این دوبخش و تکنیک‌های موجود در انیمیشن‌های اسکلتونی خواهیم پرداخت

#### ۱-۲ مدل اسکلتونی

در انیمیشن‌های اسکلتونی از مدل‌های اسکلتونی استفاده می‌شود. هر مدل اسکلتونی از دو بخش مدل و اسکلت تشکیل شده است.

## ۲-۲ شبکه‌ی<sup>۱</sup> چندضلعی

در گرافیک کامپیوتری سه بعدی و مدل سازی جامد، شبکه چندضلعی مجموعه‌ای از رئوس، لبه‌ها و وجوه است که شکل یک جسم چندوجهی را مشخص می‌کند و وجه‌ها معمولاً از مثلث‌ها (شبکه مثلثی)، چهار ضلعی (چهار گوشه)، یا دیگر چند ضلعی‌های محدب ساده ( $n$  ضلعی‌ها) تشکیل شده‌اند. دلیل استفاده از این نوع چند ضلعی‌ها آسان تر بودن به نمایش کشیدن وجوه در محیط سه بعدی است. البته در حالت کلی اشیاء ممکن است از چندضلعی‌های مقعر و یا حتی چندضلعی‌های دارای سوراخ نیز تشکیل شده باشند.

اشیاء ایجاد شده توسط مش‌های چند ضلعی باید انواع مختلفی از عناصر، از جمله رئوس، لبه‌ها، وجوه، چندضلعی‌ها و سطوح را ذخیره کنند. در بسیاری از نرم افزارهای سه بعدی، فقط رئوس، لبه‌ها و یکی از دو مورد وجوه یا چندضلعی‌ها ذخیره می‌شوند. در اکثر سیستم‌های رندر کننده<sup>۲</sup> فقط از وجوه سه ضلعی (مثلث‌ها) استفاده می‌شود. بنابراین در این حالت چندضلعی‌های مدل باید به شکل مثلث باشند. البته سیستم‌های رندر ای وجود دارند که از چهار ضلعی‌ها یا چندضلعی‌های با تعداد اضلاع بالاتر نیز پشتیبانی می‌کنند و یا در لحظه این چندضلعی‌ها را به مجموعه‌ای از مثلث‌ها تبدیل می‌کنند که در این صورت باعث می‌شود نیازی به ذخیره‌ی مش به شکل مثلثی نباشد.

بنابراین چهار قسمت اصلی یک مش چندضلعی، رئوس، لبه‌ها، وجوه و چندضلعی‌ها هستند. توضیح کوتاهی درباره‌ی هر کدام از این موارد را در بخش زیر می‌توانیم مشاهده کنیم.

### ۱-۲-۲ راس

راس‌ها معمولاً یک موقعیت در فضای سه بعدی همراه با اطلاعات دیگر مانند رنگ، بردار نرمال، مختصات بافت در راس‌های مربوط به مش‌های اسکلتونی اطلاعاتی مانند تعداد مفاصلی که بر روی این راس تاثیر می‌گذارد همراه با وزن تاثیر گذاری‌اش می‌تواند اضافه شود.

### ۲-۲-۲ لبه

ارتباط بین دو راس را لبه گویند.

### ۳-۲-۲ وجه

مجموعه‌ای بسته از لبه‌ها را وجه گویند. وجه‌ها می‌توانند از سه لبه (وجه مثلثی) یا از چهار لبه (وجه چهار گوش) تشکیل شده باشند.

<sup>1</sup>Mesh

<sup>2</sup>renderer



## ۴-۲-۲ چندضلعی

یک چندضلعی مجموعه‌ای همسطح از وجود است. در سیستم‌هایی که از وجه‌های چند ضلعی پشتیبانی می‌کنند، وجوه و چندضلعی‌ها یکسان هستند ولی در صورتی که سیستم مورد نظر تنها از سه یا چهار ضلعی‌ها پشتیبانی کند، در این صورت چند ضلعی‌ها را مجموعه‌ای از وجوه گویند.

## ۳-۲ مدل

مدل<sup>۱</sup> در واقع هر شی‌ای است که در محیط سه‌بعدی قرار می‌گیرد و به تصویر کشیده می‌شود. هر مدل می‌تواند از چند زیرمش تشکیل شود. به عنوان مثال یک ماشین را در نظر بگیریم. موجودیت ماشین می‌تواند یک مدل باشد که در محیط سه‌بعدی قرار می‌گیرد. مدل ماشین می‌تواند از چند زیرمش مانند چرخ‌ها، لاستیک‌ها و بدنه‌ی ماشین تشکیل شود. دلیل وجود داشتن یک موجودیت کلی به اسم ماشین این است که یک شخصی مانند طراح محیط و یا طراح مرحله نمی‌خواهد هر بار که ماشینی را در محیط قرار دهد، تک تک زیرمش‌ها را به صورت دستی در صحنه وارد کند و در سر جای خودش قرار بدهد.

## ۴-۲ زیرمش<sup>۲</sup>

چندضلعی‌های دارای یک نوع ماده<sup>۳</sup> را یک زیرمش گویند. همانطور که اشاره شد، هر مدل از چند زیرمش تشکیل می‌شود. دلیل این تقسیم این است که در هر عملیات به تصویر کشیدن<sup>۴</sup> تنها یک ماده می‌تواند به تصویر کشیده شود. مثلاً در همان مثال ماشین، قسمت‌های مختلف ماشین از ماده‌های مختلفی تشکیل می‌شود. به طور مثال چرخ ماشین می‌تواند از جنس آلومینیوم باشد یا لاستیک چرخ از جنس پلاستیک باشد و یا حتی قسمت‌های داخلی ماشین مانند صندلی ماشین از جنس چرم باشد. بنابراین باید این قسمت‌ها به صورت جدا قرار گیرند تا بتوان هر قسمت را با توجه به ماده‌ی موردنظر آن به تصویر کشاند.

## ۵-۲ ماده<sup>۵</sup>

ماده‌ها شامل پارامترهای قابل تنظیمی هستند که با تنظیم آن به گرافیک ما اعلام می‌کند که چگونه باید یک مثلث را به تصویر بکشد. این پارامترها می‌توانند شامل موارد زیر باشند ولی محدود به آن نمی‌شوند

### ۱. میزان کدورت و شفافیت شی

<sup>۱</sup> گاهی به جای استفاده از واژه‌ی مدل، از واژه‌ی مش هم استفاده می‌شود.

<sup>۲</sup>Sub-Mesh

<sup>۳</sup>Material

<sup>۴</sup>Render

<sup>۵</sup>Material

۲. میزان براقی شی

۳. رنگ (بافت) شی

۴. سایه زنی پیکسلی یا راسی<sup>۱</sup>

## ۶-۲ بافت<sup>۲</sup>

بافت یک تصویر دوبعدی و یا سه بعدی است که می تواند در ماده استفاده شود. این تصاویر به عنوان ورودی در برنامه دریافت شده و پس از اینکه یک شناسه به آن ها تخصیص داده شد، در کارت گرافیکی قرار می گیرند. ماده ها با استفاده از این شناسه می توانند در صورت لزوم به این بافت دستیابی پیدا کنند.

## ۷-۲ اسکلت

به مجموعه ای از مفصل که به صورت سلسله مراتبی به یکدیگر متصل می شوند، اسکلت گویند. پس از آنکه هنرمندان مدل شخصیت را طراحی می کنند در طی یک مرحله که به آن Rigging گویند، ساختار سلسله مراتبی اسکلت را به وجود می آورند. در انیمیشن ها در واقع این اسکلت است که حرکت می کند و با حرکتش باعث حرکت مدل شخصیت می شود.

## ۸-۲ Skinning

تا اینجا با دو مفهوم مدل و اسکلت آشنایی پیدا کردیم ولی نگفتیم که این دو چگونه به هم مرتبط می شوند. به عملیاتی که طی آن مفصل موجود در اسکلت به مدل متصل می شود را skinning گویند. طی این مرحله هر راس موجود در پوسته ی مش به یک یا چند مفصل متصل می شود. برای اینکه چگونه رئوس مش، این مفصل را دنبال کنند الگوریتم های مختلفی مطرح شده است که در فصل پیاده سازی به آن اشاره خواهد شد.

## ۹-۲ کلیپ های انیمیشنی

در یک فیلم انیمیشنی، تمام بخش های یک صحنه قبل از ساخت هر انیمیشن به دقت برنامه ریزی می شود. این شامل حرکات هر شخصیت، لوازم موجود در صحنه و حتی حرکات دوربین نیز می شود. این بدان معنی است که کل صحنه را می توان به عنوان یک دنباله طولانی و پیوسته از فریم ها، متحرک ساخت. در این حالت در صورتی که شخصیتی خارج از دوربین هستند لازم نیستند که متحرک شوند.

<sup>1</sup>Vertex or Pixel shader

<sup>2</sup>Texture

کلیپ‌های انیمیشنی متفاوت از این هستند. یک بازی، یک تجربه‌ی تعاملی است بنابراین نمی‌توان از قبل چگونه حرکت کردن شخصیت‌ها و رفتار آن‌ها را پیش‌بینی کرد. حتی تصمیمات شخصیت‌های غیربازیکن کامپیوتری نیز می‌توانند تابعی از اقدامات غیر قابل پیش‌بینی بازیکن انسانی باشد. به این ترتیب، کلیپ‌های انیمیشنی مربوط به بازی تقریباً هیچ‌گاه از مجموعه‌ای از فریم‌های طولانی و به هم پیوسته تشکیل نمی‌شوند. در عوض، حرکت شخصیت بازی باید به تعداد زیادی حرکات ریز تقسیم شود. منظور از کلیپ‌های انیمیشنی این حرکات کوتاه و یکتا است.

بنابراین هر کلیپ به صورتی طراحی شده است که یک عمل کاملاً مشخص را انجام دهد. برخی از این کلیپ‌ها به گونه‌ای طراحی شده‌اند که بتوان آن را به صورت حلقه شونده تکرار کرد. به عنوان مثال چرخه‌ی راه‌رفتن یا دویدن می‌تواند از این نوع کلیپ‌ها باشند. و حرکاتی مانند پریدن یا دست تکان دادن از نوعی هستند که تنها یک‌بار پخش می‌شوند.

بنابراین به طور کلی حرکات هر شخصیت بازی معمولاً به هزاران کلیپ تقسیم می‌شود. [۲]

## ۲-۱۰ ترکیب انیمیشن

اصطلاح ترکیب انیمیشن به هر تکنیکی اطلاق می‌شود که در آن بیش از یک کلیپ انیمیشن در ژست نهایی کاراکتر سهیم می‌شود. به صورت دقیق‌تر در این عمل دو یا چند ژست برای ایجاد یک ژست خروجی برای اسکلت شخصیت، با یکدیگر ترکیب می‌شوند. همانطور که در بخش قبل گفته شد، کلیپ‌های انیمیشنی، کلیپ‌های کوتاه و یکتایی هستند. با استفاده از روش ترکیب می‌توان مجموعه‌ای از کلیپ‌های انیمیشنی را با یکدیگر ترکیب کرد تا مجموعه‌ی جدیدی از انیمیشن‌ها را بدون نیاز به ایجاد دستی و از پایه‌ی آن‌ها تولید کنیم. به عنوان مثال، با ترکیب یک انیمیشن راه‌رفتن آسیب دیده با راه‌رفتن بدون آسیب دیدگی، می‌توانیم سطوح مختلفی از آسیب دیدگی در هنگام راه‌رفتن را به وجود آوریم. از ترکیب می‌توان برای درونیابی بین حالات مختلف چهره، حالت‌های مختلف بدن و حالت‌های مختلف حرکتی استفاده کرد. از ترکیب می‌توان برای یافتن یا حالت میانی بین دو حالت شناخته شده در زمان‌های مختلف استفاده کرد. این کار زمانی استفاده می‌شود که بخواهیم ژست یک شخصیت را در نقطه‌ای از زمان پیدا کنیم که دقیقاً با یکی از فریم‌های نمونه موجود در داده‌های انیمیشن مطابقت ندارد. همچنین می‌توانیم از ترکیب موقتی انیمیشن برای انتقال هموار از یک انیمیشن به انیمیشن دیگر، با ترکیب تدریجی انیمیشن مبدا به مقصد در مدت زمان کوتاهی استفاده کنیم.

## فصل سوم

### آشنایی با موتور بازی

#### ۱-۳ ساخت پروژه

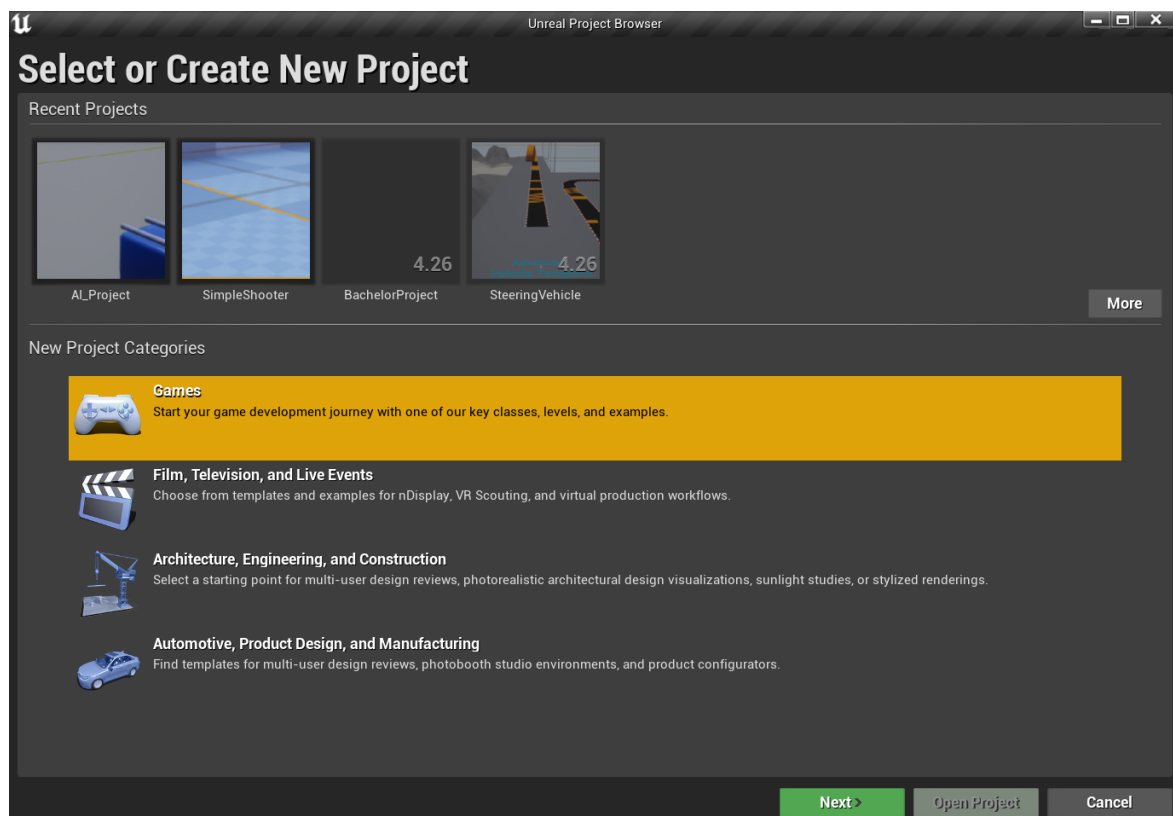
برای اینکه بتوان از موتور بازی سازی آنریل استفاده کرد ، ابتدا باید پروژه ای متناسب با کاری که می خواهیم انجام دهیم، بسازیم.

برای ساختن پروژه به صورت زیر عمل می کنیم.

ابتدا مرورگر آنریل انجین را باز می کنیم.

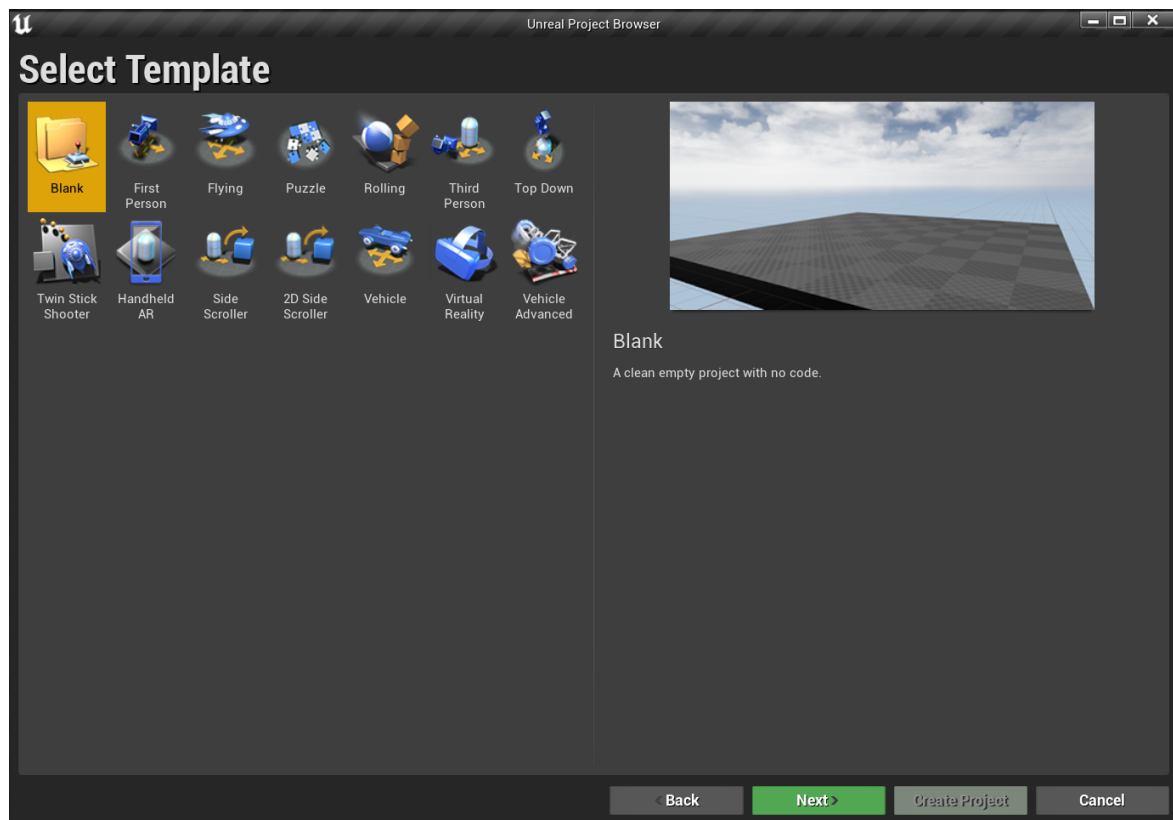
سپس با انتخاب دسته بندی مناسب و انتخاب گزینه ی بعدی به صفحه ی زیر هدایت می شویم. در اینجا زیر مجموعه ی

بازی را انتخاب شده است.



شکل ۳-۱ - مرورگر پروژه‌های آنریل

در اینجا قالب مناسب را انتخاب کرده و گزینه‌ی بعدی را کلیک می‌کنیم.



شکل ۲-۳- قالب پروژه‌های آنریل

در اینجا پس از انجام تنظیمات اولیه پروژه گزینه‌ی ایجاد پروژه را کلیک کرده و پروژه ساخته می‌شود.

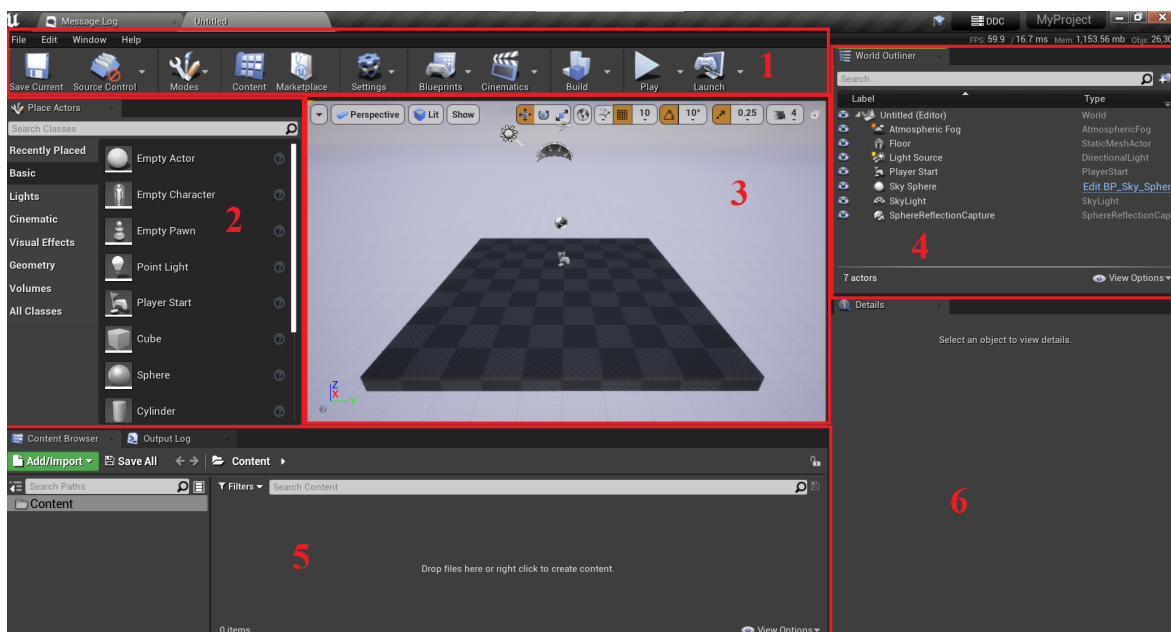


ردیابی اشعه

شکل ۳-۳ - تنظیم پروژه‌های آنریل

### ۲-۳ ویرایشگر آنریل

زمانی که پروژه ساخته می‌شود، ویرایشگر آنریل باز می‌شود. این ویرایشگر شامل پنل‌های مختلفی است که در عکس شماره زده شده و هر شماره نیز در جدول زیر توضیح داده شده است.



شکل ۳-۴ - ویرایشگر آنریل

جدول ۳-۱ - مدل‌های تبدیل.

| شماره | نام                       | توضیح  |
|-------|---------------------------|--|
| ۱     | نوار ابزار                | شامل توابع مختلفی است که به صورت معمول استفاده می‌شود  |
| ۲     | بازیگران                  | می‌توان از این قسمت، بازیگر مناسب خود را انتخاب کرده و در صحنه‌ی بازی قرار داد   |
| ۳     | درگاه دید <sup>۱</sup>    | از طریق این پنل می‌توان اشیاء را در محیط قرار داد و بر روی اشیاء قرار گرفته شده کلیک کرد.  |
| ۴     | طرح کلی جهان <sup>۲</sup> | تمامی اشیاء در مرحله فعلی را نشان می‌دهد.<br>می‌توان اشیاء را با قرار دادن آن‌ها در پوشه‌ها سازماندهی کرد. همچنین قابلیت جستجو بر اساس نوع را نیز دارد.                                      |
| ۵     | مرورگر محتوا              | این پنل تمامی فایل‌های پروژه را نمایش می‌دهد.<br>همچنین می‌توان با ایجاد پوشه فایل‌ها را دسته بندی و مرتب کرد.<br>علاوه بر این با استفاده از نوار جستجو می‌توان فایل موردنظر خود را پیدا کرد |
| ۶     | جزئیات                    | این پنل برای نمایش یا تغییر ویژگی‌های شیء انتخاب شده است.<br>با تغییر ویژگی‌ها تنها ویژگی شیء انتخاب شده تغییر پیدا می‌کند.  |

### ۳-۳ زبان برنامه‌نویسی

موتور بازی‌سازی آنریل از زبان برنامه‌نویسی C++ به همراه اسکریپت بصری به نام Blueprint استفاده می‌کند. Blueprint یک سیستم برنامه‌نویسی کامل گیمپلی مبتنی بر مفهوم استفاده از رابط‌های مبتنی بر گره برای ایجاد عناصر گیمپلی از درون ویرایشگر است. این سیستم بسیار منعطف و قدرتمند است زیرا این توانایی را در اختیار طراحان قرار می‌دهد تا از طیف گسترده‌ای از مفاهیم و ابزارها که عموماً فقط در دسترس برنامه‌نویسان هستند استفاده کنند.

[۴]

### ۳-۴ رایج‌ترین اصطلاحات

در این بخش رایج‌ترین اصطلاحات مورد استفاده در هنگام کار با موتور بازی‌سازی آنریل را بررسی می‌کنیم.

#### ۳-۴-۱ پروژه

یک پروژه آنریل، شامل تمامی محتوای بازی است. محتوا می‌تواند خود به چندین پوشه که بر روی دیسک قرار دارند، تقسیم شود. بدیهی است که می‌توان این پوشه‌ها را به صورت دلخواه نامگذاری و سازماندهی کرد. پنل مرورگر محتوا داخل ویرایشگر آنریل همان ساختار راهنمای موجود در پوشه Project که بر روی دیسک قرار دارد را نشان می‌دهد.

هر پروژه دارای یک پرونده‌ی uproject. متناظر به خود است. این فایل نحوه ایجاد، باز کردن یا ذخیره یک پروژه است. بنابراین می‌توان چندین پروژه مختلف ایجاد کرد و به صورت موازی بر روی آن‌ها کار کرد.



## ۳-۴-۲ شی

اشیاء پایه‌ای ترین کلاس موجود در آنریل هستند. آنها مانند بلوک‌های سازنده عمل می‌کنند و دارای بسیاری از عملکردها و توابع مورد نیاز برای دارایی‌ها Assets هستند.

۳-۴-۳ بازیگران<sup>۱</sup>

هر شی‌ای را که بتوان بر روی صحنه قرار داد مانند دوربین، مش استاتیک، محل شروع بازی و ... را بازیگر<sup>۲</sup> می‌گویند. بازیگران از تبدیل‌های سه‌بعدی مانند انتقال، دوران و تغییر مقیاس پشتیبانی می‌کنند. آنها را می‌توان از طریق کدهای گیمپلی (C++ یا برنامه‌کار<sup>۳</sup>) ایجاد کرد و یا از بین برد.

۳-۴-۴ تغییر نوع داده<sup>۴</sup>

تغییر نوع داده، عملی است که طی آن بازیگری از یک کلاس را گرفته و سعی می‌کند به گونه‌ای رفتار کند که گویی از کلاس دیگری است. این عمل ممکن است موفقیت آمیز باشد و یا شکست بخورد. در صورت موفقیت آمیز بودن می‌توان به توابع کلاسی که به آن تغییر داده شده دستیابی پیدا کرد.

---

<sup>1</sup> Actors

<sup>2</sup> Actor

<sup>3</sup> Blueprint

<sup>4</sup> Casting

## فصل چهارم

### معماری موتور بازی سازی آنریل

در این فصل ابتدا به معماری موتور آنریل پرداخته شده و پس از آن درباره ی ابزارهایی که این انجین در اختیار ما می گذارد صحبت می شود.

#### ۴-۱ UObject و Actors

کلاس پایه برای تمامی کلاس های دیگر در موتور آنریل UObject است. شیء ها<sup>۱</sup> نمونه هایی از کلاس هایی هستند که از UObject ها ارث می برند. بازیگران<sup>۲</sup> نمونه هایی از کلاس هایی هستند که از AActor ارث برده اند. کلاس AActor کلاس پایه برای تمامی اشیائی است که می توانند در جهان بازی قرار گیرند. به صورت کلی، بازیگران را می توان به عنوان یک کل یا موجودیت در نظر گرفت و اشیاء را قطعات تخصصی ای در نظر گرفت که در این موجودیت به کار می روند که به آن ها جزء<sup>۳</sup> می گویند. بنابراین اجزاء یک نوع خاصی از اشیاء هستند که بازیگران می توانند آن ها را به عنوان یک زیرشیء<sup>۴</sup> به خود متصل کنند.

به عنوان مثال اگر یک ماشین را در نظر بگیریم. ماشین به عنوان یک موجودیت کلی به عنوان بازیگر در نظر گرفته

---

<sup>1</sup> Objects

<sup>2</sup> Actors

<sup>3</sup> Component

<sup>4</sup> sub-object

می‌شود. در صورتی که قسمت‌های مختلف این ماشین مانند در ماشین یا چرخ ماشین اجزای آن ماشین در نظر گرفته می‌شوند. در ادامه این مثال، اگر کاربر قرار باشد که این ماشین را کنترل کند، یک جزء دیگر می‌تواند مسئولیت تغییر سرعت و جهت ماشین بر اساس ورودی کاربر را داشته باشد. [۵، ۶]

## ۲-۴ Components

همانطور که گفته شد، اجزاء نوع خاصی از اشیاء هستند که بازیگران می‌توانند به عنوان اشیاء فرعی به خود متصل کنند. کلاس پایه برای تمامی اجزاء، کلاس UActorComponent است. از آنجایی که استفاده از اجزاء تنها راه ممکن برای پرداخت<sup>۱</sup> مش‌ها<sup>۲</sup>، تصاویر، پخش صدا و در واقع هر چیزی که بازیکن هنگام بازی در جهان مشاهده یا تعامل می‌کنند هستند، بنابراین در نهایت از انواعی از این نوع اجزاء در توسعه‌ی بازی استفاده می‌شود.

برای ساخت اجزاء، چند کلاس اصلی وجود دارد که در هنگام ایجاد اجزاء باید به آن توجه کرد.

□ اجزای بازیگر<sup>۳</sup>: این کلاس بیشتر برای رفتارهای انتزاعی مانند حرکت، مدیریت موجودی یا ویژگی و سایر مفاهیم غیرفیزیکی مفید هستند. این نوع از اجزاء هیچ گونه مکان فیزیکی یا چرخشی در جهان ندارد.

□ اجزای صحنه<sup>۴</sup>: این کلاس فرزند کلاس اجزای بازیگر است و از رفتارهای مبتنی بر مکان پشتیبانی می‌کند که به نمایش هندسی نیاز ندارند. این کلاس می‌تواند شامل بازوهای فتری، دوربین‌ها، نیروهای فیزیک و حتی صدا شود.

□ اجزای اولیه<sup>۵</sup>: این کلاس فرزند کلاس اجزای صحنه است. در واقع این کلاس همان کلاس اجزای صحنه، همراه با نمایش هندسی است که عموماً برای نمایش عناصر بصری و برخورد<sup>۶</sup> یا همپوشانی<sup>۷</sup> با اشیاء فیزیکی استفاده می‌شود. این کلاس می‌تواند شامل مش‌های استاتیک<sup>۸</sup> یا اسکلتی<sup>۹</sup>، اسپرایت‌ها یا بیلبردها، سیستم‌های ذرات<sup>۱۰</sup> و همچنین حجم برخورد<sup>۱۱</sup> جعبه، کپسول و کره شود.

[۶]

<sup>۱</sup>Render

<sup>۲</sup>Meshes

<sup>۳</sup>ActorComponent

<sup>۴</sup>SceneComponent

<sup>۵</sup>Primitive Components

<sup>۶</sup>collide

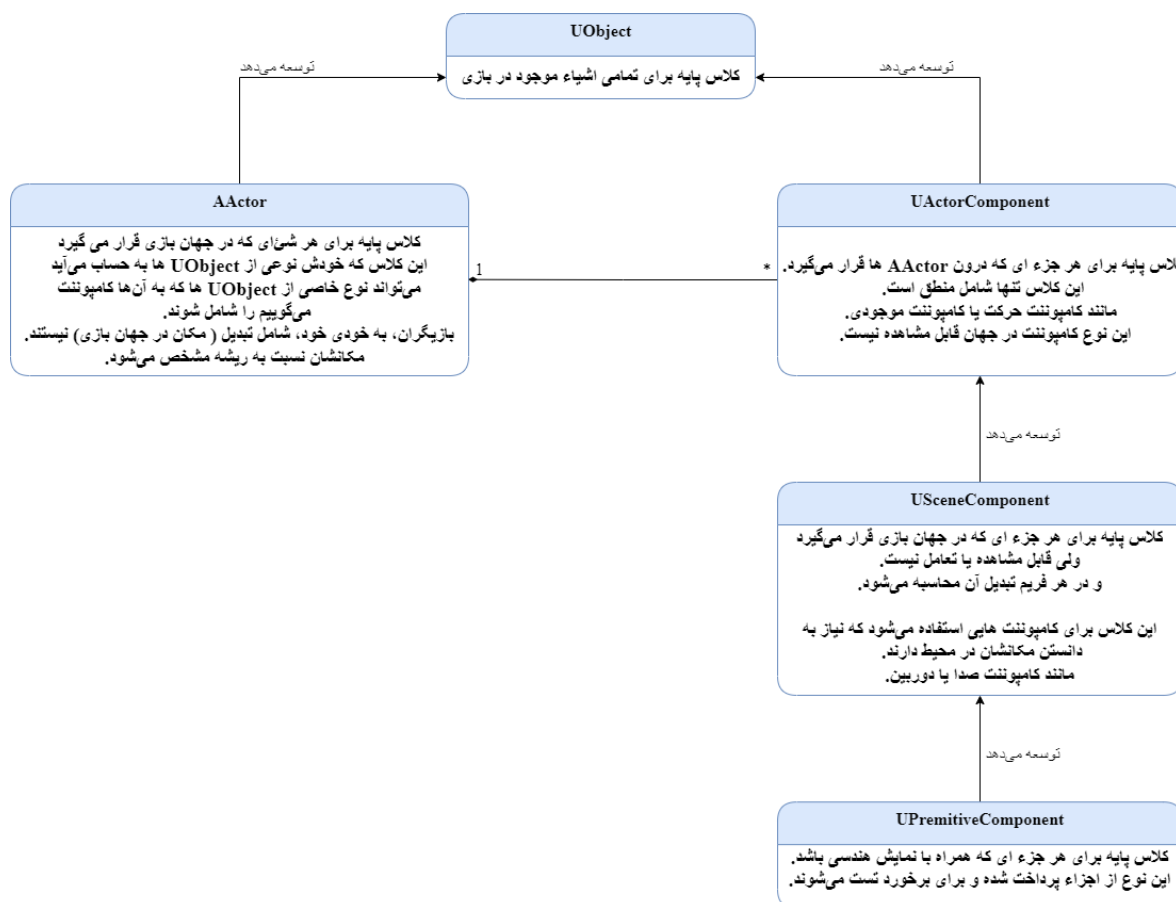
<sup>۷</sup>overlap

<sup>۸</sup>static mesh

<sup>۹</sup>skeletal mesh

<sup>۱۰</sup>particle systems

<sup>۱۱</sup>collision volumes



شکل ۴-۱ - تصویر UML کلاس های پایه ی موتور بازی سازی آنریل

پیوست‌ها

## مراجع

- [1] Barczak, A. M. and Woźniak, H., “Comparative study on game engines”, *Studia Informatica. Systems and Information Technology. Systemy i Technologie Informacyjne*, No. 1-2, 2019.
- [2] Gregory, J., *Game Engine Architecture*, A K Peters/CRC Press, 3rd ed. , 2018.
- [3] “Unreal engine wikipedia”, [https://en.wikipedia.org/wiki/Unreal\\_Engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Unreal_Engine).
- [4] “Unreal engine components”, <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/ProgrammingAndScripting/Blueprints/>.
- [5] “Unreal engine architecture”, <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/ProgrammingAndScripting/ProgrammingWithCPP/UnrealArchitecture/>.
- [6] “Unreal engine components”, <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/ProgrammingAndScripting/ProgrammingWithCPP/UnrealArchitecture/Actors/Components/>.

# **Analysis of the animation graph in Unreal Engine and implementation of an animation system using OpenGL**

Nami Naziri

nami.naziri@yahoo.com

May 22, 2022

Department of Electrical and Computer Engineering

Isfahan University of Technology, Isfahan 84156-83111, Iran

Degree: Bachelor of Science

Language: Farsi

**Supervisor: Maziar Palhang, Assoc. Prof., palhang@cc.iut.ac.ir.**

**Abstract**

**Keywords**



**Isfahan University of Technology**

Department of Electrical and Computer Engineering

## **Analysis of the animation graph in Unreal Engine and implementation of an animation system using OpenGL**

A Thesis

Submitted in partial fulfillment of the requirements  
for the degree of Bachelor of Science

**By**

**Nami Naziri**

Evaluated and Approved by the Thesis Committee, on May 22, 2022

- 1- Maziar Palhang, Assoc. Prof. (Supervisor)
- 2- First Examiner, Assoc. Prof. (Examiner)
- 3- First Examiner, Assist. Prof. (Examiner)

Department Graduate Coordinator: Reza Tikani, Assist. Prof.