



## **Oyun Programlama Dinamikleri**

**Melih Sert**

## **İyi bir oyun geliştirici olmak için yazılması gereken oyunlar hangileridir? Bu çalışmalar programcının hangi yeteneklerini geliştirir**

Günümüzde trend sektörlerden birisi de oyun geliştiriciliğidir. Oyun geliştiricileri oyunun görselleri, kullanıcı arabirimi, yapay zekâ ve oyun mantığı dahil olmak üzere oyun geliştirmenin çeşitli öğelerinde görev alırlar. Video oyun geliştiriciler, oyunları bir konsept olmaktan çıkartarak oynanabilecek bir gerçekliğe dönüştürmek için efor sarf ederler. Özellikleri kodlayarak, görsel öğeleri tasarlayarak ve oyun için ideal pazar oluşana kadar düzenli bir şekilde test ederek oyunun piyasaya sürmeye hazır hale getirirler.

Oyun geliştirici olarak üstleneceğiniz rol çalışacağınız şirketin büyüklüğüne ve sizin uzmanlığınıza göre değişecektir. Büyük oyun şirketlerinde oyunun sadece belirli bir unsuru üzerinde çalışan ve daha uzmanlaşmış bir role sahip olmanız daha olası iken bağımsız ve küçük bir oyun şirketinde bir oyunun yaşam döngüsünün birden fazla sürecinde yer alabilirsiniz. Bu rolde karşınıza çıkabilecek günlük görevlerden bazıları:

- Oyun tasarımı için yeni fikirler geliştirmek
- Görsel fikirleri koda çevirmek
- Oyunun prototipini oluşturmak, yinelemek ve cilalamak
- Tasarımcılar, yapımcılar, sanatçılar ve kalite analistleri ile iş birliği yapmak
- Platformlar arasında oyun istikrarını izlemek
- Mevcut kodu gözden geçirin ve iyileştirmeler önermek ve geliştirmek
- Oyunları veya öğeleri bir sistemden diğerine taşımak

Bu sektörde genelde çalışabileceğiniz 4 rol bulunmaktadır. Game Developer, tek bir platform veya konsol için oyun geliştirir (Naughty Dog sadece Sony için oyun geliştirir). Second Party Developer bir konsol için özel olarak oyun geliştirir ama tamamen o konsola veya platforma ait değildir (Game Freak Pokemon oyununu Nintendo için geliştirmiştir fakat başka ortamlarda da oynanabilir). Third Party Developer kendi oyunlarını geliştirir ve yayınlara ya da diğer oyun yayıncıları için oyun geliştirir (Activision Blizzard, Ubisoft). Indie Developer'lar ise bireysel veya küçük bir grup ile bağımsız ve kendi kendini finanse edebilen oyunlar geliştirir. Hangi yolu izlemeyi seçeceğinize, kariyerinizde nerede olduğunuza, oyun geliştirmenin hangi unsurlarıyla ilgilendiğinize ve nihai ürün üzerinde ne kadar yaratıcı kontrol sahibi olmak istediğinize bağlı olacaktır.



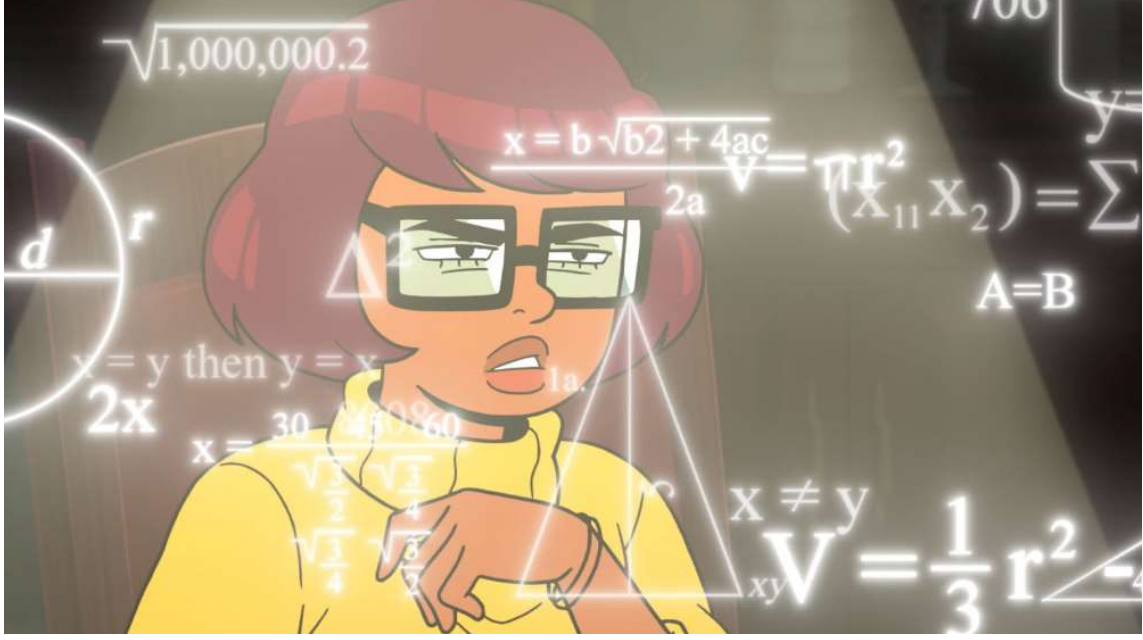
İyi bir oyun geliştirici olmak için kendimize iyi bir yol çizmeliyiz. Geliştirilecek her oyun bizim için yeni bir yetenek kazanımı ve ileriye dönük yeni bir adım olacaktır. Her oyunun bize katacağı farklı yollar ve alternatifler olsa da aşağıdaki gibi bir yol takip etmemiz gelişimimize yardımcı olacaktır.

- 1) **Pong Benzeri Oyun:** Temel oyun döngüsüne giriş yapmak ve bunu uygulamak için ideal oyunlardan birisidir. Pencere oluşturabilme, şekil çizebilme, metin sahneleyebilme ve AABB çarpışma tanımlamasını gerçekleştirebilme gibi öğrenim çıktılarına bize kazandıracaktır.
- 2) **Breakout Benzeri Oyun:** Burada amaç önceki aşamanın üzerine daha gelişmişini koyabilmektir. Temel ses efektleri konusunda deneyim kazanmak, Procedural Layout ile algoritmik olarak basit bir seviye oluşturmak, durum ve sahne yönetimini görmek, oyuncu için can/hak mekaniğini görmek ve Grafik varlıkları için SpriteSheet ile sayfa yönetimini kullanmayı deneyimlemek gibi öğrenim çıktılarına bize kazandıracaktır.
- 3) **Tetris Benzeri Oyun:** Burada amaç bir önceki seviyenin üzerine matematik ve fizik eklemektir.
- 4) **Astroids Benzeri Oyun:** Amacımız önceki aşamanın üzerine daha kompleks mekanikler ve fiziksel hamleler eklemektir.
- 5) **Pacman Benzeri Oyun:** Bu kısımda yapay zekâ üzerine de pratik yapıyoruz. Önceki seviyenin üzerine koyarak harita ve seviye mekaniğini de eklemiş oluyoruz.



- 6) **Sokoban Benzeri Oyun:** Bu oyun ile önceki seviyelerin tamamı üzerine pratik yapılmaktadır.
- 7) **Platform Oyunu:** Böylece önceki aşamalara fizik mekanikleri de eklenir ve güzel bir başlangıç yolunu tamamlamış oluruz.

## Matematiğin oyun geliştirmede kullanılan başlıca enstrümanları nelerdir?



Oyun oynamayı hepimiz seviyoruz fakat oyunlarla matematiğin ne kadar iç içe olduğu hakkında fikrimiz var mı? Matematiğin çeşitli dalları hakkında kapsamlı ve detaylı bilgi sahibi olmadan herhangi bir profesyonel oyunu geliştirmek imkansız yakındır.

Bir video oyununun kurallarını matematik olmadan koyamazsınız. Diğer taraftan da matematiği iyi bir şekilde bilmediğimiz ve kuralları işletemediğimiz sürece matematiği oyunlarda doğru şekilde çalıştıramayız. Video oyunları temel olarak her şeyin planlandığı gibi çalıştığı ve bunu yapmak için tonlarca kuralların olduğu sanal dünyalardır. Matematik her oyunun temel taşıdır ve geliştiricisinin amaçladığı gibi bir oyun yapmak matematik olmadan imkansızdır. Bu durum sadece karmaşık ve yüksek bütçeli oyunlar için geçerli değildir. En basit oyunda dahi karakterlerin nasıl hareket ettiğini, görevleri tamamlamalarının ne kadar sürdüğünü belirlemek ve hatta oyun içindeki cansız nesnelerin hızını ve hareketini dikte etmek için matematik kullanılır. Silahları yönetmek, fiziği uygun şekilde tepki verecek programlamayı yazmak, yok edilebilir ortamlar uygulamak ve haftanın gününe göre değişecek dinamik hava sistemlerini programlamak, matematiği yoğun şekilde kullanan daha karmaşık oyun mekaniği örnekleridir. Geliştiriciler, prosedürel olarak seviyeler oluşturma, sahneleri ve karakterleri canlandırma, oyun komut dosyası yazma, oyuncularla etkileşime geçmek için yapay zekayı programlama gibi mekanikleri gerçekleştirmek ve komutları kodlamak için matematiği kullanan programların ve motorların bir kombinasyonunu oyunlarında kullanırlar.

Basit bir oyun geliştireceksek genelde lise ve üniversitede gördüğümüz matematik yeterlidir. Daha zor ve etkileyici grafikler içeren oyunlar tasarlamak için gereken matematik daha

karmaşıktır. Ama şunu rahatlıkla söyleyebiliriz ki oyun geliştirmenin neredeyse her yönü karmaşık matematik kavramlarının farkındalığını gerektirir.

Genel oyun geliştirmede aşağıdaki matematik disiplinleri çok yoğun kullanılır:

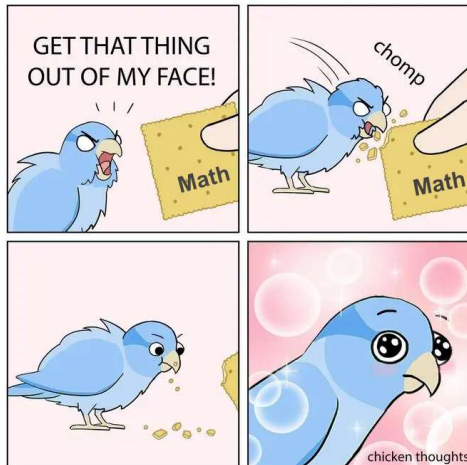
- Cebir
- Trigonometri
- Calculus
- Lineer Cebir
- Ayrık Matematik
- Uygulamalı Matematik

Bir seviye ileriye taşıyıp daha zorlu oyunlar yazabilmek için ise aşağıdaki kavramları da iyi bilmek gerekmektedir:

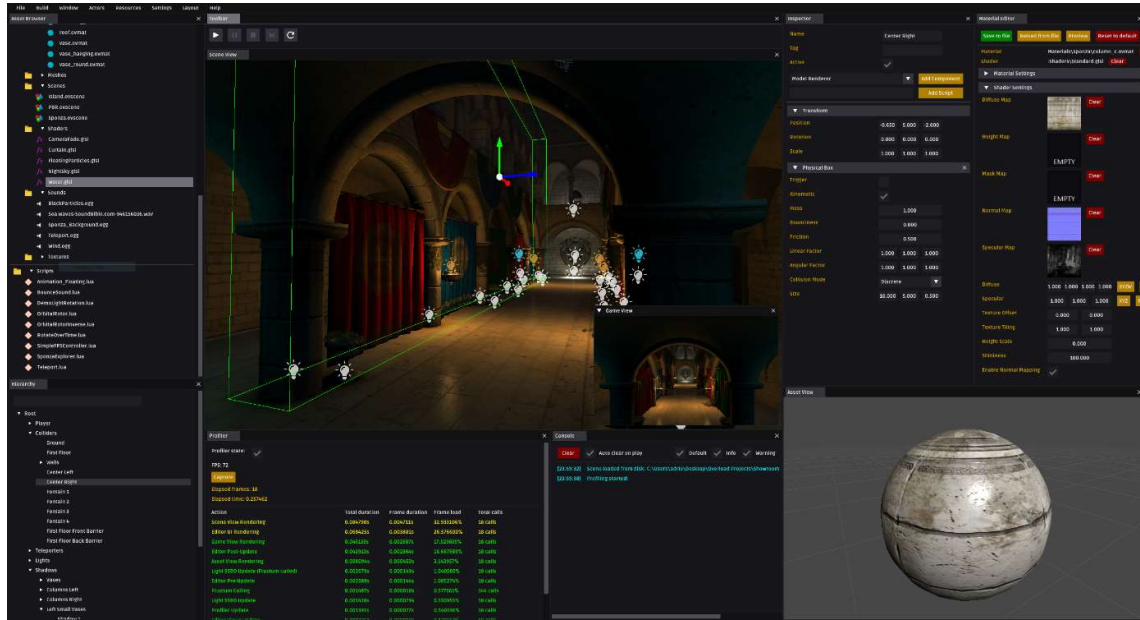
- Birim ve Ölçeklendirme Vektörleri
- Matrisler
- Skaler Manipülasyon
- Fark Süresi
- Alan ve Aralık
- Nokta ve Çapraz Ürünler

Bunların ötesinde, eleştirel düşünme ve matematiksel hünerle birlikte iyi tasarım kararları verme yeteneği de çok önemlidir. Birçok profesyonel, matematiğin ve video oyunları yaratmanın el ele gittiğine inanır. Matematik olmadan video oyunları olmayacağından, başarılı oyun geliştirme için matematiğin temellerini bilmek çok önemlidir.

Oyun programlama üzerinde güçlü bir kontrol duygusuna sahip olmak istiyorsak yukarıdaki sebeplerden dolayı temel matematik kavramlarına sahip olmak akıllıca olacaktır. Kodlama sırasında karmaşık matematik problemlerini çözmemiz gerekmez de büyük bir ihtimalle matematik denklemlerini ve mantığını kullanan problemlerle karşılaşacağız. Denklemi çözmeye ve ayrıntılarına girmeye genelde gerek olmayacaktır. Bilgisayar genellikle bunları çözer. Bu problemleri paket halinde çözen ve oyun geliştirmede yardımcı çok yüksek olan oyun motorları da günümüzde oldukça yaygındır.



## Bir oyun motorunun temel bileşenleri nelerdir?



Oyun dünyası Pacman' den sonra çok fazla yol kat etti. Oyunlar özellikle nasıl yaratıldıkları konusunda her zamankinden daha gelişmiş seviyeler ve bu durum gün geçtikçe artıyor. Oyunlar, yayınlanmadan önce birçok ölçümü geçmesi gereken geliştirme süreçlerine sahiptirler. İlk oyunlar her biri kendine özgü, belirli bir oyunu üretme amacına sahip olan bireysel işleme motorları tarafından yapıldı. Zamanla işin içerisine ticaret girdi ve bu şirket içi motorların uygulaması aşamalı olarak kaldırıldı. Sonraki adım olarak ise birden çok türde oyun üreten ticari olarak tasarlanmış oyun motorları tanıtıldı. Nadiren, bir şirketin oyunu ihtiyaçları doğrultusunda yine de kendi özel motorunu oluşturması gerekir. Ancak oyun motorlarının, yeni ve yenilikçi oyunların toplu olarak geliştirilmesinde çok değerli olduğu kanıtlanmıştır.

Oyun motoru, geliştiricilerin oyun oluşturmasını ve çalıştırmasını sağlayan bir tür yazılımdır. Yazılım, üretim sürelerini kısaltarak oyun geliştirme sıkıcılığını azaltmayı amaçlayan özel araçlarla donatılmış olarak gelir. Oyun motorları her zaman aynı değildir ve her biri, oluşturdukları oyun türüne bağlı olarak farklı araçlar sağlayabilir. Yine de tümü, geliştiriciler için süreci basitleştiren ve optimize eden yazılım bileşenlerine sahip "geliştirme ortamları" olarak tanımlanır.

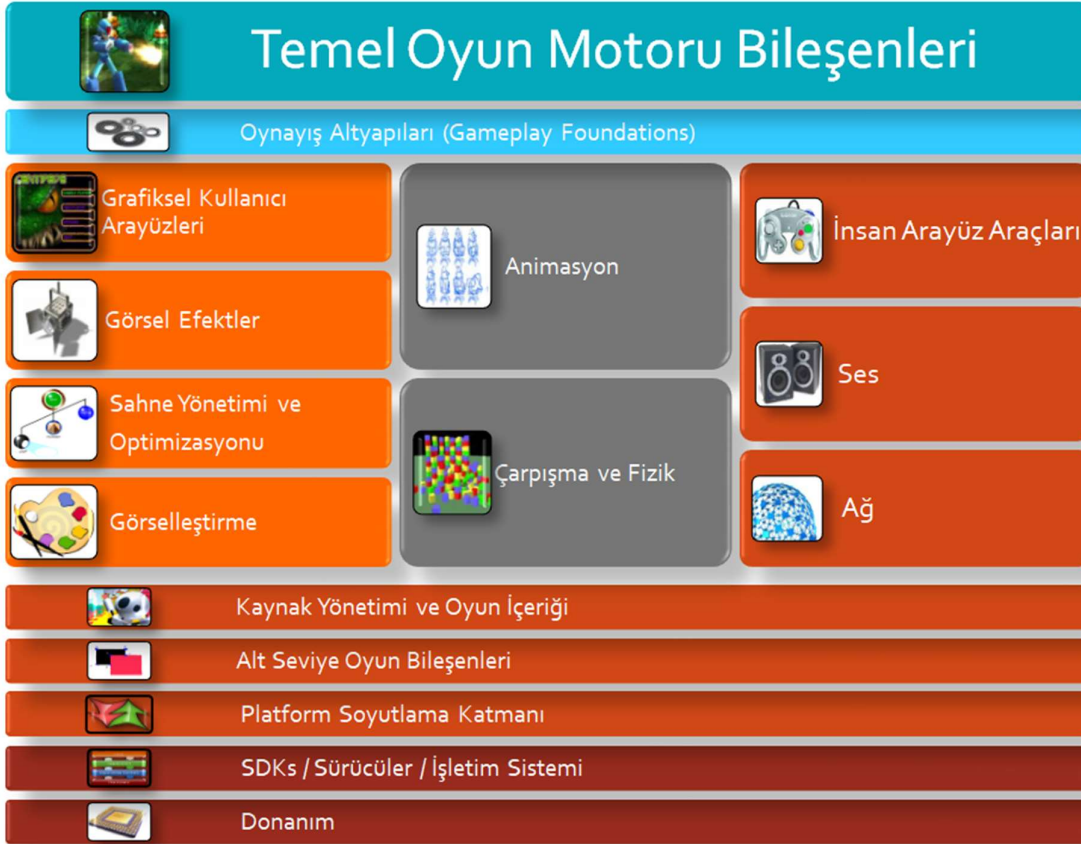
Oyunları doğru ve sağlıklı bir şekilde geliştirmek için oyun motorlarının aşağıdaki bileşenlerle donatılmış olması gerekmektedir:

**Input (Girdi):** Oyuncunun hareketlerini yakalayacak ve oyunun gerçekten oyuncu tarafından yönlendirildiği şekilde oynanmasını sağlayacak yapıyı kapsar. Mouse, gamepad veya joystick gibi cihazların girişini desteklemelidir. Oyun motoru girdiyi iki şekilde işler:

Giriş olayları – bilgisayar, oyuncunun eylemlerini algılar ve özel bir kodu tetikler.

Girdi yoklama – bir denetleyicinin fiziksel eğimi gibi konum değerlerini kaydeder.

**Artificial intelligence (Yapay Zekâ):** Günümüzde Yapay Zekâ etmenleri oyunun geliştirilmesinde ve oynanışında her zamankinden çok daha büyük bir rol oynuyor. Teknolojinin trendleri bize gösteriyor ki bu rol gün geçtikçe artacak. Yapay Zekâ, oyunların yalnızca yazılım tasarımlarını değil aynı zamanda hikaye anlatımlarını da geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Hazır komut dosyaları yapay zekayı bir oyuna uygular. AI, bir oyuncunun oyundaki davranışına dayalı olarak öneriler sunmaktan sorumludur. Oyun motorları, oyuncunun nasıl davrandığına bağlı olarak oyunun gerçekleştireceği yanıtlardan oluşan bir menü hazırlayabilir.



**Graphics Engine (Grafik motoru):** Diğer adı oluşturma motoru olan bu bileşen, oyunun görsel grafiklerinin 2B veya 3B olarak oluşturulmasından sorumludur. Bir oyunun grafikleri, kozmetik görünümü için çok önemlidir. Kötü grafikleri olan oyunların tercih edilme oranları ciddi anlamda düşmektedir. Bir oyun motoru, oyun grafiklerinin sürükleyiciliğini gerçekten satmak için ışıklandırma efektleri, gölge, çarpma haritaları ve harmanlama animasyonu gibi bir dizi sanatsal özellik getirebilir.

**Physics Engine (Fizik Motoru):** Fizik, özellikle bir oyun için genellikle hafife aldığımız bir şeydir, ancak bu, oyunun içine girmek ve oyunu oynarken yaşayarak hissetmek için önemli bir özelliktir. Bir fizik motoru olmadan, hareket tekinsiz ve doğal görünmüyordu. Oyun motorları,

oyun etkinliğinde beklediğimiz fiziksel bileşeni uygular. Buna hız, ivme, akışkanlık ve mermi hareketi dahildir.

**Sound Engine (Ses motoru):** Ses veya ses motoru, bir oyunun sesini kontrol eder. Ses dosyaları oyun motoru tarafından koda entegre edilir ve oyunla eşleşen belirli eylemlerle tetiklenir.

**Networking (Ağ Oluşturma):** İnternetin ortaya çıkışı ve küreselleşme, oyunların çok daha etkileşimli olmasına da izin verdi. Networking de günümüzde oyunlar için olmazsa olmazlardandır. Artık birçok oyun, başkalarıyla oynamak için çevrimiçi çok oyunculu ve sosyal oyun gibi özellikleri destekliyor. Birçok oyun motoru, buna bir seçenek olarak izin verecek komut dosyalarını ve araçları destekler.

## Günümüzün popüler oyun motorları

Oyun motorlarının temel bileşenlerinden de bahsettikten sonra en kritik sorulardan birisine geliyoruz. Oyun geliştirirken hangi oyun motorunu kullanmalıyız? Burada programlamanın hemen her alanında olduğu gibi ihtiyaca göre ilerlemek en doğrusu olacaktır. Her oyun motorunun birbirinden ayrıldığı, kuvvetli olduğu fonksiyonlar bulunmaktadır. Oyun motoru seçerken öncelikle aşağıdaki soru setini kendimize sormamız, doğru oyun motorunu seçmede bize yardımcı olacaktır.

- Ücretli mi yoksa ücretsiz mi? Ücretli ise lisanslama modelleri nasıl?
- Cross platform için destek sağlıyor mu? Platform destekleri hangi seviyede?
- Detaylı bir dokümantasyona sahip mi?
- Geliştirme dili nedir ve varsa betik dil desteği nedir?
- Geniş bir topluluk desteği var mı? Bir problem veya soru ile karşılaştığımızda hızlıca destek alabilir miyiz?
- Araç desteği ve yardımcı yazılımlar ne seviyede?
- Gerçekten bir oyun motoru mu yoksa yapay zekâ veya grafik kütüphanesi mi?
- Arayüz kullanımı kolay mı?

Yukarıdaki soruları sorduktan sonra kullanacağımız oyun motorlarına karar vermek daha kolay olacaktır. Aşağıda en popüler oyun motorlarından 3 tanesini inceleyeceğiz.

**Unity:** Genel olarak bakıldığında en çok tercih edilen oyun motorun diyebiliriz. 2005 yılında piyasaya sürülen oyun motoruna oyun geliştiriciler güveniyor. Unity çok yüksek bir destek seviyesine sahip ve sürekli aldığı güncellemeler ile Unity Reflect gibi büyük özellikleri kendine ekleyerek büyüyor. Yalnızca 2D ve 3D oyunlar için değil, aynı zamanda sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik için de popüler bir seçimdir. Pek çok bağımsız geliştirici Unity'yi mükemmel işlevselliği, yüksek kaliteli içeriği ve hemen hemen her tür oyun için kullanılabilmesi nedeniyle kullanıyor. Unity, iOS, Android, Windows Phone, Tizen ve Fire OS'de desteklenir.



#### Avantajları:

- 100 bin doların altında geliri olan yeni geliştiriciler için ücretsiz seçeneği bulunmakta
- 2D ve 3D oyunlar için uygun bir motor
- Mobil oyunların geliştirilmesi tarafında da kuvvetli
- VR ve AR için SDK'lar mevcuttur.
- Asset Store' da ücretsiz varlıklar bulunması.

#### Dezavantajları:

- Daha yüksek teknoloji demoları için daha iyi performansa sahip bilgisayarlar gereklidir
- Profesyonel lisansları bir hayli pahalıdır
- Kullanıcı arayüzündeki değişiklikleri sık yapmasını UI/UX açısından zaman zaman kullanıcıları zorlamaktadır.

Geliştirilen bazı oyunlar: Osiris: New Dawn, The Hollow Knight, Rick and Morty: Virtual Rick-ality, Genshin Impact



**Unreal Engine:** Bugün, en popüler AAA seviyedeki oyunlarının çoğu, aydınlatma, gölgelendiriciler ve daha fazlasını içeren güçlü bir grafik motoru olan Unreal Engine tarafından desteklenmektedir. Unreal Engine, oyun geliştirme sektöründeki geniş kullanımı nedeniyle birçok karmaşık görevi daha verimli bir şekilde halleder. Geniş bir topluluk desteğine sahiptir. Unreal Engine'in görsel taslak oluşturma özelliği, programcı olmayanların bile oyun tasarlamasına olanak tanır ve bu, VR'yi yeni zirvelere taşıyan çok yönlü bir güç merkezidir. Genellikle 3D ve üst düzey grafiksel desteğe ihtiyacı olan oyunlar için tercih edilir. 2D oyunlar için ilk tercihlerden birisi değildir. Unreal Engine Xbox One, PS4, PC, iOS, Android, Mac OS X, Linux ve VR'de desteklenmektedir.

#### Avantajları:

- Grafik tarafında gerçekten çok kuvvetli.
- Diğerlerinden daha iyi performans gösterdiğini söyleyebiliriz.
- VR geliştirmeleri için en iyi seçim
- Programcı olmayanlar dahi görsel planları kullanarak geliştirme yapabilir.
- Kısıtlanmamış varlıklar büyük bir pazarda mevcuttur.

#### Dezavantajları:

- Basit veya solo projelerde önerilmez
- Yüksek performanslı grafiklere sahip bilgisayarlar gereklidir. Unity' ye göre çok daha kuvvetli makinalara ihtiyaç duyar.
- 2D oyunlarda, 3D kadar kuvvetli değildir.

Geliştirilen bazı oyunlar: Soulcalibur VI, Gears 5, Dragon Quest XI



**CryEngine:** 3. Oyun motoru olarak 3 Türk kardeşin kurduğu CryTek firmasının oyun motorunu inceleyeceğiz. CryEngine, konsollara ve PC'lere son teknoloji grafikler sağlayan güçlü bir 3D oyun motorudur. Steam gibi bir platformda fotogerçekçi veya yeni nesil oyunlar yaratmak isteyen geliştiriciler, VR desteği ve gelişmiş görsel efektleri sayesinde CryEngine'ı çekici bulacaktır. CryEngine'ın temel amacı son derece gerçekçi grafiklere sahip AAA oyunlar geliştirilmesine yardımcı olmaktır. Unity ve Unreal' e göre daha erişilebilirdir. Eğer üst düzey bir oyun geliştirecekseniz, kesinlikle dikkate almanız gereken bir motor. Seviye düzenleme, CryEngine'in seviye düzenleyicisini kullanan yarı acemi bir beceri seti ile bile verimli bir şekilde yapılabilir. Motoru anladıktan sonra eksiksiz çalışan bir oyun geliştirebilirsiniz. Yeni başlayanlar için çok uygun bir motor olmadığını da söyleyebiliriz. CryEngine Xbox One, PS4, Windows PC ve Oculus Rift' de desteklenmektedir.

#### Avantajları:

- CryEngine'in varsayılan özellikleri kapsamlıdır.
- CryEngine ile aslına uygun görseller geliştirmek mümkündür
- CryEngine ile hızlı bir yineleme süreci geliştirilebilir
- Bitki örtüsü ve açık dünya açısından zengin ortamlar, CryEngine tarafından iyi bir şekilde işlenir.

#### Dezavantajları:

- Bazı rakiplerine göre daha düşük ölçeklidir
- CryEngine geliştiricilerini bulmak zordur, o yüz
- Hızlı tempolu veya karmaşık RPG'ler için CryEngine önerilmez

Geliştirilen bazı oyunlar: Soulcalibur VI, Gears 5, Dragon Quest XI

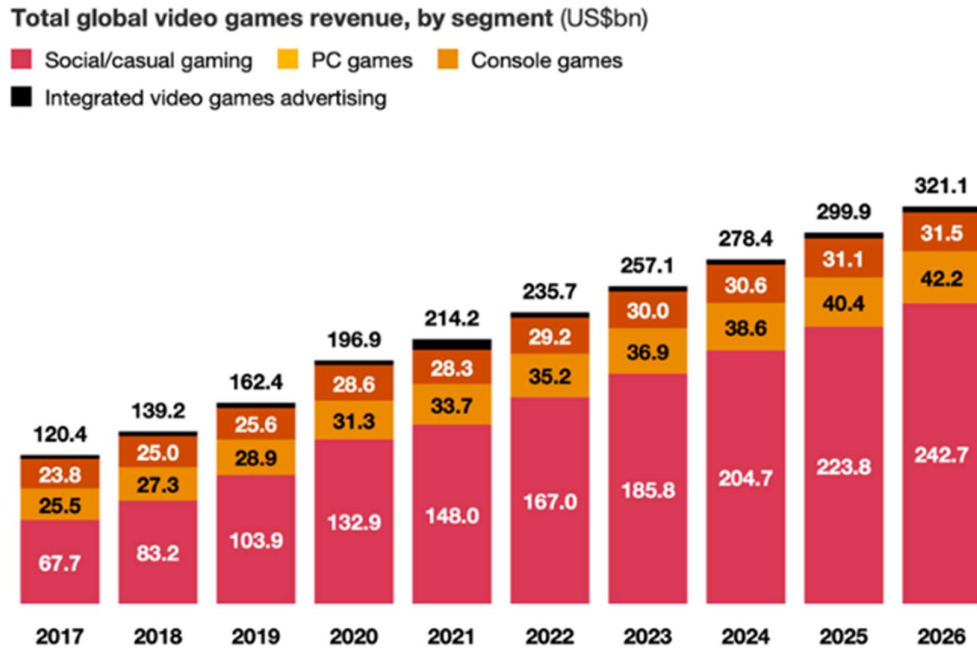


### **Oyun sektörü ekonomisi, sektörün durumu ve geleceği**

Oyun endüstrisinin ekonomik değeri her geçen gün katlanarak büyümektedir. 2021 yılında PwC' nin yayınladığı Global Entertainment and Media Outlook 2022-26 raporuna göre oyun endüstrisinin son hızla büyümesini sürdürmesi bekleniyor ve 2026 yılına kadar 321 milyar dolar değerinde olabilir. Covid-19 kısıtlamaları oyun sektörüne çok olumlu yansıdı. Milyonlarca yeni oyuncu, COVID-19 kısıtlamaları sırasında oyunlara ve konsollara sığırdı. Pandemi sırasında o kadar çok mevcut ve yeni oyuncu oyunlara, konsollara ve diğer kitlelere erişti ki pazar 2019 ile 2021 arasında %26 genişledi.

PwC'nin raporundaki bir diğerk dikkat çeken bilgi ise uygulama içi reklamcılığa yapılan yüksek yatırım nedeniyle oyun gelirlerinin artmaya devam etmesinin beklenmesi. Rapora göre, video oyunları 2017'de eğlence ve medya sektöründeki küresel harcamaların yalnızca %6,1'ini oluşturuyordu, ancak 2026'da oyunların daha da yaygın hale gelmesiyle birlikte %10,9'luk bir pay alması bekleniyor. Çin ve ABD, 2021'de pazara hâkim oldu ve oyun ve espor gelirlerinin yaklaşık yarısına sahip oldu. Ancak gelecekteki büyüme, artan nüfusa sahip daha az varlıklı ülkelerden gelebilir. PwC raporu, 2021-2026 yılları arasında oyun pazarının yıllık ortalama %24,1 ile en hızlı büyüyeceği ülke olarak Türkiye'yi işaret ediyor. Bizi %21,9 ile Pakistan ve %18,3 ile Hindistan takip edecek. PwC'nin raporuna göre de ülkemizin oyun sektöründe ne kadar büyük bir pazar fırsatı barındırdığını görebiliriz.

Aşağıdaki resimde pazarın mevcut büyüklüğünü ve 2026'ya kadar öngörülen büyümesini görebiliriz.



Note: 2021 is the latest available data. 2022–2026 values are forecasts.  
Source: PwC's Global Entertainment & Media Outlook 2022–2026, Omdia

Grafikte de görüldüğü üzere pazarda en büyük payı sosyal/günlük oyunlar kaplarken onları PC oyunları ve konsol oyunları takip ediyor. Oyunların içine entegre olarak yerleştirilen reklamlar da küçük de olsa pazarda pay sahibi.

## Referanslar

- <https://www.coursera.org/articles/game-developer>
- <https://github.com/nuriu/oyun-gelistirme-yolu>
- <https://pikuma.com/blog/math-for-game-developers>
- <https://www.gamedesigning.org/learn/game-development-math/#:~:text=While%20math%20is%20useful%20even,simplest%20of%20things%2C%20including%20movement.>
- <https://www.outsourceaccelerator.com/articles/game-engine/>
- <https://fullscale.io/blog/what-is-game-engine/>
- <https://www.yazilimperver.com/index.php/2019/07/04/oyun-motorlarına-hızlı-bir-bakış/>
- <https://turk.net/blog/oyun-motoru-nedir-ve-ne-ise-yarar-en-iyi-10-oyun-motoru/#:~:text=Oyun%20motorlar%C4%B1%20mant%C4%B1ksal%20tasar%C4%B1m%2C%20grafik,motorlar%C4%B1%20kendisi%20oyunlar%C4%B1n%C4%B1z%C4%B1%20tasarlaman%C4%B1z%C4%B1%20sa%C4%9Flamakta%C4%B1r.>
- <https://theninehertz.com/blog/game-engines>
- <https://www.gamedesigning.org/career/video-game-engines/>
- <https://www.weforum.org/agenda/2022/07/gaming-pandemic-lockdowns-pwc-growth/>