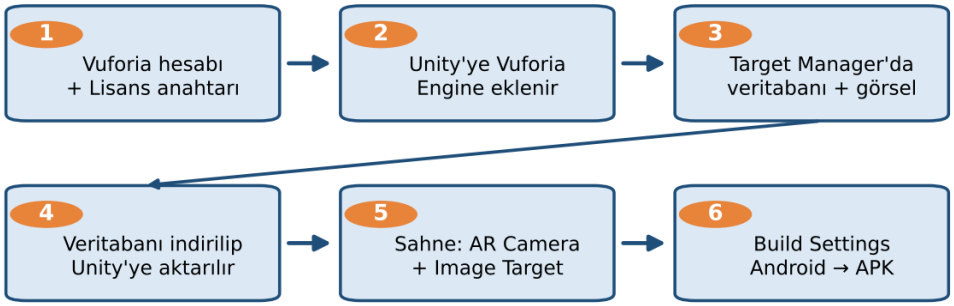
SİNOP ÜNİVERSİTESİ

Meslek Yüksekokulu – Bilgisayar Programcılığı / Oyun Geliştirme ve Programlama

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK

Ders Notu

AR Platformları • Vuforia Engine • Unity ile Image Target Uygulaması • Android APK Üretimi



Şekil 1. Ders notunun genel iş akışı (uygulama sırası)

Hazırlayan: Öğr. Gör. İsmail Umut DURAN

Kasım 2026

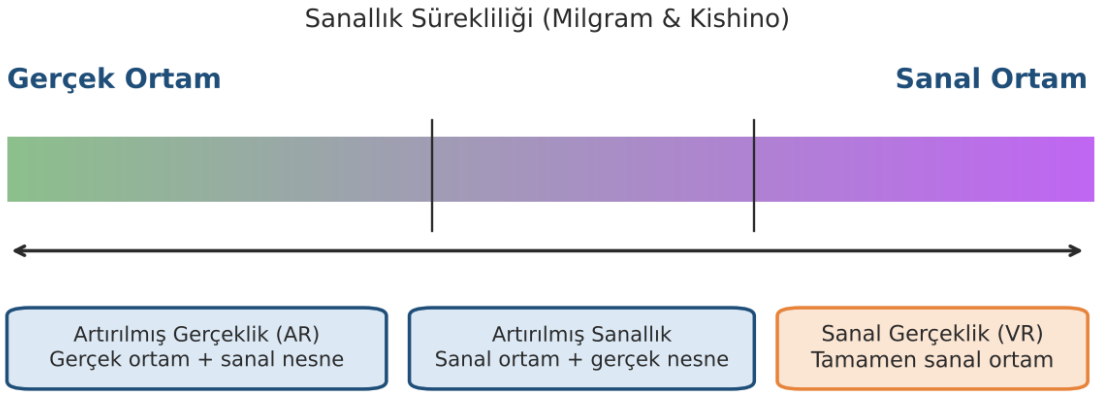
1. Artırılmış Gerçekliğe Giriş

1.1 Artırılmış Gerçeklik (AR) nedir?

Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality – AR), gerçek dünya görüntüsünün üzerine bilgisayar tarafından üretilen 3B model, görüntü, metin, ses veya animasyon gibi sanal içeriklerin gerçek zamanlı olarak eklenmesidir. Kullanıcı gerçek ortamı görmeye devam eder; sanal içerik bu ortamla **konum ve yön bakımından uyumlu** biçimde ekranda belirir. AR içeriği genellikle akıllı telefon/tablet kamerası, AR gözlükleri veya projeksiyon sistemleri üzerinden sunulur.

Bir sistemin AR olarak nitelendirilebilmesi için genel kabul gören üç özelliği taşıması beklenir: (1) gerçek ve sanal nesnelerin birleşik gösterilmesi, (2) gerçek zamanlı etkileşim, (3) sanal nesnelerin 3B uzayda gerçek dünya ile hizalanması (kayıt/registration).

1.2 AR, VR ve MR farkı

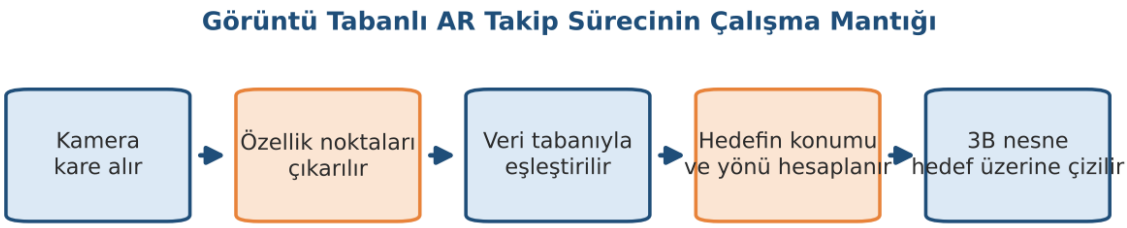


Şekil 2. Gerçek–sanal süreklik: AR, Artırılmış Sanallık ve VR

Kavram	Tanım	Tipik cihaz / örnek
Sanal Gerçeklik (VR)	Kullanıcı tamamen sanal bir ortama yerleştirilir; gerçek dünya görüşü kapatılır.	VR başlığı (Meta Quest vb.); sanal eğitim simülatörleri, VR oyunlar
Artırılmış Gerçeklik (AR)	Gerçek dünya görünür kalır, üzerine sanal içerik eklenir.	Akıllı telefon; ürün/kitap üzerinde 3B model gösterme, IKEA tarzı mobilya yerleştirme
Karma Gerçeklik (MR)	Sanal nesneler gerçek ortamı 'anlar' ve onunla etkileşir (örn. masanın arkasına saklanma).	Gelişmiş AR/MR gözlükleri, derinlik sensörlü cihazlar

1.3 AR sistemleri nasıl çalışır?

Görüntü tabanlı AR sistemlerinde kamera her karede görüntü alır; yazılım görüntüdeki özellik noktalarını çıkarır, bunları önceden hazırlanmış hedef (target) veritabanıyla karşılaştırır ve eşleşme bulursa hedefin kameraya göre konumunu ve yönünü hesaplar. Ardından 3B nesne bu konuma çizilir. Hedef kamera karşısında hareket ettikçe nesne de onunla birlikte hareket eder.



Şekil 3. Görüntü tabanlı AR takibinin çalışma mantığı

1.4 AR türleri

İşaretçi Tabanlı (Marker / Image Target)	Kamera, basılı bir görsel veya QR benzeri işareti tanır; 3B nesne üstüne yerleşir
İşaretçisiz (Markerless / Yüzey)	Zemin, masa gibi düzlemler algılanır; nesne gerçek yüzeye konumlanır
Konum Tabanlı (GPS / Sensör)	GPS, pusula ve ivmeölçer ile konuma bağlı bilgi gösterilir
Projeksiyon Tabanlı	Işık, gerçek nesnelerin yüzeyine yansıtılarak etkileşim sağlanır
Üst Üste Bindirme (Superimposition)	Gerçek nesnenin görünümü kısmen veya tamamen sanal görüntüyle değiştirilir

Şekil 4. Artırılmış gerçeklik türleri

Bu derste uygulamalı olarak **işaretçi (görüntü) tabanlı AR** üzerinde çalışılacaktır: basılı veya ekranda gösterilen bir görsel (Image Target) kamera tarafından tanınır ve üzerinde 3B nesne gösterilir.

2. AR Geliştirme Platformları ve Kullanım Amaçları

AR uygulaması geliştirmek için kullanılan araçlar iki grupta incelenebilir: (a) **geliştirme motorları/SDK'lar** (kod ve sahne düzeyinde uygulama geliştirme), (b) **kodsuz / düşük kodlu yaratım araçları** (sosyal medya filtreleri, web tabanlı AR vb.). Aşağıdaki tablo ders kapsamında bilinmesi gereken başlıca platformları özetler.

Platform	Ne için kullanılır?	Faydaları / güçlü yönleri	Hedef platform
Unity	AR/VR/oyun uygulamalarının geliştirildiği çapraz platform oyun motoru; AR SDK'ları için ortak sahne ortamı.	Tek kod tabanından Android/iOS/headset; zengin 3B, animasyon, fizik; büyük topluluk ve Asset Store.	Android, iOS, HMD'ler

Platform	Ne için kullanılır?	Faydaları / güçlü yönleri	Hedef platform
Vuforia Engine	Görüntü, silindir, çoklu, 3B nesne, alan (Area) ve VuMark hedeflerinin tanınması; zemin düzlemi algılama.	Görüntü hedeflerinde güçlü ve kararlı takip; Unity ile entegre; endüstriyel eğitim/bakım uygulamalarında yaygın; birçok cihazda çalışır.	Android, iOS, UWP, bazı gözlükler
ARCore (Google)	Android için hareket takibi, ortam anlama, yüzey algılama, ışık kestirimi.	Ücretsiz; kamera hareketi ve düzlem algılamada başarılı; Unity (AR Foundation) ve yerel Android ile kullanılabilir.	Android
ARKit (Apple)	iOS için dünya takibi, yüz takibi, LiDAR destekli sahne anlama.	Apple cihazlarına çok iyi optimize; yüz/vücut takibi ve LiDAR özellikleri.	iOS / iPadOS
AR Foundation (Unity)	ARCore ve ARKit'i tek bir Unity API'si altında birleştirir.	Aynı projeden Android ve iOS için markerless AR; Vuforia ile aynı sahnede kullanılabilir.	Android, iOS
Unreal Engine	Yüksek görsel kaliteli AR/VR/MR uygulamaları.	Gelişmiş grafik, sinematik kalite; Blueprint ile görsel programlama.	Mobil, PC, HMD
Lens Studio (Snap)	Snapchat için AR filtre/lens tasarımı.	Kodsuz/az kodlu; hızlı prototip; yüz ve dünya efektleri; geniş kitleye ulaşım.	Snapchat
WebAR (AR.js, MindAR, model-viewer, A-Frame)	Tarayıcı üzerinden, uygulama yüklemeden AR deneyimi.	Kurulum gerektirmez; QR/URL ile paylaşım; pazarlama ve hızlı demo için uygun.	Mobil tarayıcılar
Blender / 3B modelleme araçları	AR'da gösterilecek 3B model, doku ve animasyonların üretilmesi.	Ücretsiz/açık kaynak; FBX/GLB/OBJ çıktıları Unity'ye aktarılır.	İçerik üretimi

> **Not:** AR araçları ve ücretlendirme koşulları hızlı değişmektedir (bazı platformlar kapanmakta, yenileri çıkmaktadır). Ders döneminde kullanılacak sürümler ve lisans koşulları, ilgili resmi sitelerden kontrol edilmelidir.

2.1 Kullanım amacına göre platform seçimi

Kullanım alanı	Örnek uygulama	Önerilen yaklaşım / platform
Eğitim ve öğretim	Basılı ders kitabı sayfasında 3B organ, atom veya makine modeli; laboratuvar ve iş güvenliği eğitimi	Unity + Vuforia (Image Target); basılı kitap/poster hedef olarak kullanılır
Endüstri ve bakım	Makine üzerinde bakım adımlarını gösterme, uzaktan destek	Vuforia (Model/Area Target) veya ARKit/ARCore + Unity
Pazarlama ve reklam	Ürün ambalajı/katalog taranınca 3B ürün veya video açma	Image Target (Vuforia), WebAR (hızlı, uygulamasız)
E-ticaret / iç mekân	Mobilya, ayakkabı vb. ürünü gerçek ortamda deneme	AR Foundation (ARCore/ARKit) – yüzey algılama (markerless)
Oyun ve eğlence	Masa üstünde oynanan AR oyunları, Pokémon GO benzeri konum tabanlı oyunlar	Unity + AR Foundation / Vuforia Ground Plane
Sosyal medya	Yüz filtreleri, marka lensleri	Lens Studio vb. filtre araçları

Kullanım alanı	Örnek uygulama	Önerilen yaklaşım / platform
Mimari ve inşaat	Maket veya arsa üzerinde binanın 3B gösterimi	Image/Area Target, AR Foundation
Sağlık	Anatomi eğitimi, ameliyat planlama görselleştirme	Unity + Vuforia / HMD tabanlı MR
Turizm ve kültür	Müze eserini tarayınca bilgi/3B rekonstrüksiyon; konum tabanlı rehber	Image Target, GPS tabanlı AR

2.2 AR'ın genel faydaları

- **Görselleştirme:** Soyut veya tehlikeli/pahalı konuları 3B ve etkileşimli göstererek kavrayışı artırır.
- **Etkileşim ve motivasyon:** Öğrenenin ilgisini artırır, deneyerek öğrenmeyi destekler.
- **Güvenlik ve maliyet:** Gerçek ekipman/ortam gerektirmeden (örn. yüksek gerilim) güvenli uygulama imkânı sunar.
- **Erişilebilirlik:** Akıllı telefon yeterlidir; özel donanım gerektirmeden geniş kitleye ulaşır.
- **Bilgiyi bağlamında sunma:** Bilgi, ilgili gerçek nesnenin üzerinde ve tam gerektiği anda gösterilir.
- **Güncellenebilirlik:** İçerik yazılımla güncellenir; basılı materyale dijital katman eklenir.

3. Vuforia Engine

3.1 Vuforia nedir?

Vuforia Engine, mobil cihazlar ve bazı gözlükler için AR uygulamaları geliştirmeyi sağlayan bir yazılım geliştirme kitidir (SDK). Kamera görüntüsünde önceden tanımlanmış nesneleri tanır ve izler. Unity ile birlikte kullanıldığında sahnedeki 3B nesneleri tanınan hedeflerin üzerine yerleştirmek için çok sayıda hazır bileşen sunar.

Hedef türü	Açıklama
Image Target	Düz bir görselin (poster, kart, kitap kapağı, logo) tanınması. Bu derste kullanılacak türdür.
Multi Target	Birden çok görselden oluşan, örneğin kutu şeklindeki hedefler.
Cylinder Target	Şişe, kupa gibi silindirik yüzeylerdeki görseller.
Model Target	Gerçek 3B nesnenin (CAD modeline göre) şekil tabanlı tanınması.
Area Target	Oda veya mekân ölçeğinde 3B tarama ile tanıma.
VuMark	Marka/ürün kimliği taşıyan, tasarlanabilir özel işaretçi.
Ground Plane	Zemin/masa gibi düzlemlerin algılanması (işaretçisiz AR).

3.2 Veritabanı türleri

Vuforia Target Manager üç veritabanı türü sunar: **Device (cihaz) veritabanı**, **VuMark veritabanı** ve **Cloud (bulut) veritabanı**. Cihaz veritabanı, hedefler sık değişmiyorsa en hızlı

tanıma için tercih edilir; XML ve DAT dosyalarından oluşur ve Unity için paket olarak indirilir. Bu derste **Device Database** kullanılacaktır.

3.3 Vuforia Developer hesabı ve lisans anahtarı

1. Tarayıcıdan Vuforia Developer Portal'a (developer.vuforia.com) gidin ve **Register** ile ücretsiz hesap oluşturun; e-posta adresinizi doğrulayıp giriş yapın.
2. **Develop** sekmesi → **License Manager** sayfasına gelin.
3. **Get Development Key** (Add License Key) düğmesine tıklayın; lisans adını girin (örn. AR_Dersi), koşulları kabul edip **Confirm** deyin.
4. Oluşan lisansa tıklayarak uzun **License Key** metnini kopyalayın. Bu anahtar Unity'de **Vuforia Configuration** içine yapıştırılacaktır.

> Geliştirme lisansı öğrenme ve test amaçlıdır; uygulamada Vuforia filigranı görünebilir. Yayınlanacak ticari uygulamalar için uygun lisans planı seçilmelidir. Güncel plan koşullarını portaldan kontrol ediniz.

4. Unity Ortamının Hazırlanması

4.1 Gereksinimler

- **Unity Hub** ve bir Unity Editor sürümü (LTS tercih edilir; Vuforia'nın desteklediği sürüm olmalı).
- Unity Hub → **Installs** → ilgili sürümün dişli simgesi → **Add modules**: **Android Build Support**, bunun altında **OpenJDK** ve **Android SDK & NDK Tools** kutularını işaretleyin.
- Bir **Vuforia Developer hesabı ve Develop lisans anahtarı** (bölüm 3.3).
- Test için kameralı Android telefon (USB hata ayıklama açılabilen) veya bilgisayar web kamerası.
- Hedef görsel: yüksek çözünürlüklü, detaylı, kontrastı iyi bir JPG/PNG (Bölüm 6.3'teki ipuçlarına bakın).

4.2 Yeni proje oluşturma

Unity Hub'da **New project** → **3D (Built-In Render Pipeline)** şablonu (sürümünüze göre '3D Core') → proje adı (örn. AR_Dersi) ve konumunu seçip **Create project** ile projeyi açın.

5. Vuforia Engine'in Unity'ye Eklenmesi

Vuforia Engine, Unity'ye aşağıdaki üç yoldan biriyle eklenebilir. Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın sonuçta projede **Vuforia Engine AR** paketi (com.ptc.vuforia.engine) bulunur.

5.1 Yöntem A – Asset Package (kurulum betiği) ile

1. Vuforia Developer Portal → **Downloads** → **Add Vuforia Engine to a Unity Project / SDK Downloads** bölümünden Unity paketini (.unitypackage) indirin.
2. Unity'de **Assets** → **Import Package** → **Custom Package…** ile indirilen dosyayı seçin, **Import** deyin.

3. Açılan pencerede Vuforia Engine paketini eklemeyi/güncellemeyi onaylayın ve **Update** düğmesine basın; paket indirilip kurulur.

5.2 Yöntem B – Unity Asset Store + Package Manager

1. Unity Asset Store'da **Vuforia Engine** sayfasında **Add to My Assets** düğmesine basın (Unity hesabınız Editor'dekiyle aynı olmalı).
2. Unity'de **Window** → **Package Manager** → sol üstteki açılır listeden **My Assets** seçin.
3. Vuforia Engine'i bulup **Download**, ardından **Import** deyin; lisans sözleşmesi çıkarsa **Accept** edin.

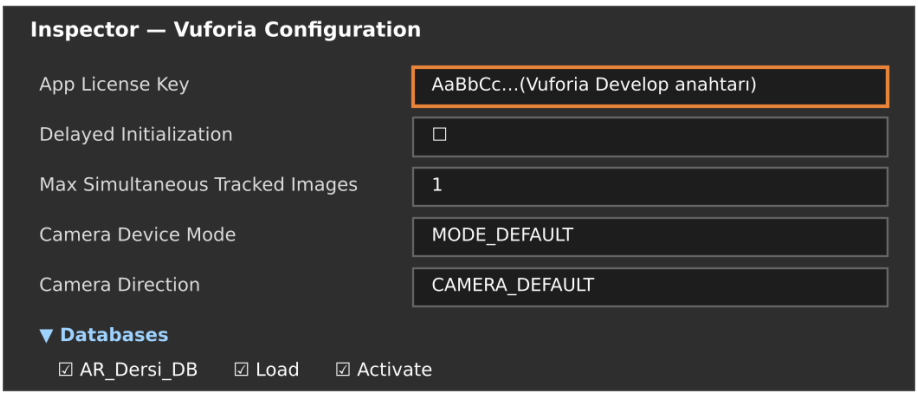
5.3 Yöntem C – Tarball / Git ile

- **Package Manager** → **+** → **Add package from tarball…** seçeneği ile portaldan indirilen .tgz dosyası eklenebilir.
- **Add package from disk…** ile com.ptc.vuforia.engine klasöründeki package.json seçilebilir.
- Git URL kullanılıyorsa sürüm değişikliği manifest.json içindeki etiket (tag) değiştirilerek yapılır.

> Büyük boyutlu bir pakettir; indirme ve içe aktarma birkaç dakika sürebilir. Kurulumdan sonra üst menüde **GameObject** → **Vuforia Engine** menüsü görünüyorsa ekleme başarılıdır.

5.4 Lisans anahtarının girilmesi (Vuforia Configuration)

1. Hiyerarşide **GameObject** → **Vuforia Engine** → **AR Camera** ile AR Kamerayı ekleyin; sahnedeki varsayılan **Main Camera**'yı silin (Vuforia'nın kamerası onun yerine geçer).
2. AR Camera'yı seçin; Inspector'da **Open Vuforia Engine configuration** düğmesine tıklayın (veya **Window** → **Vuforia Configuration**).
3. **App License Key** alanına Bölüm 3.3'te kopyaladığınız anahtarı yapıştırın.



Şekil 5. Vuforia Configuration: lisans anahtarı ve veritabanı etkinleştirme alanı (şematik)

6. Target Manager'da Veritabanı Oluşturma ve İndirme

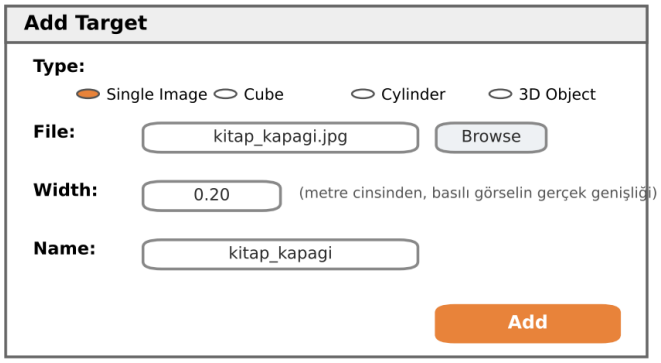
6.1 Veritabanı oluşturma

1. Vuforia Developer Portal'da **Develop** → **Target Manager** sayfasına girin.

2. **Add Database** düğmesine tıklayın.
3. **Name** alanına veritabanı adını yazın (örn. AR_Dersi_DB), **Type** olarak **Device** seçin ve **Create** deyin.
4. Listede oluşan veritabanına tıklayarak hedef listesi sayfasını açın.

6.2 Image Target ekleme

1. **Add Target** düğmesine tıklayın.
2. **Type: Single Image** seçin.
3. **File** alanında **Browse** ile görseli seçin (JPG/PNG).
4. **Width** alanına basılı görselin gerçek genişliğini girin (örn. 20 cm için 0.20). Vuforia, yüksekliği görselin oranından hesaplar; Unity'de bu değer sahne ölçeğini belirler.
5. Hedefe bir **Name** verin (boşluk ve Türkçe karakter kullanmamanız önerilir: kitap_kapagi) ve **Add** deyin.



Şekil 6. Target Manager – Add Target penceresi (şematik)

6.3 Hedef kalitesi (Rating) ve görsel seçimi

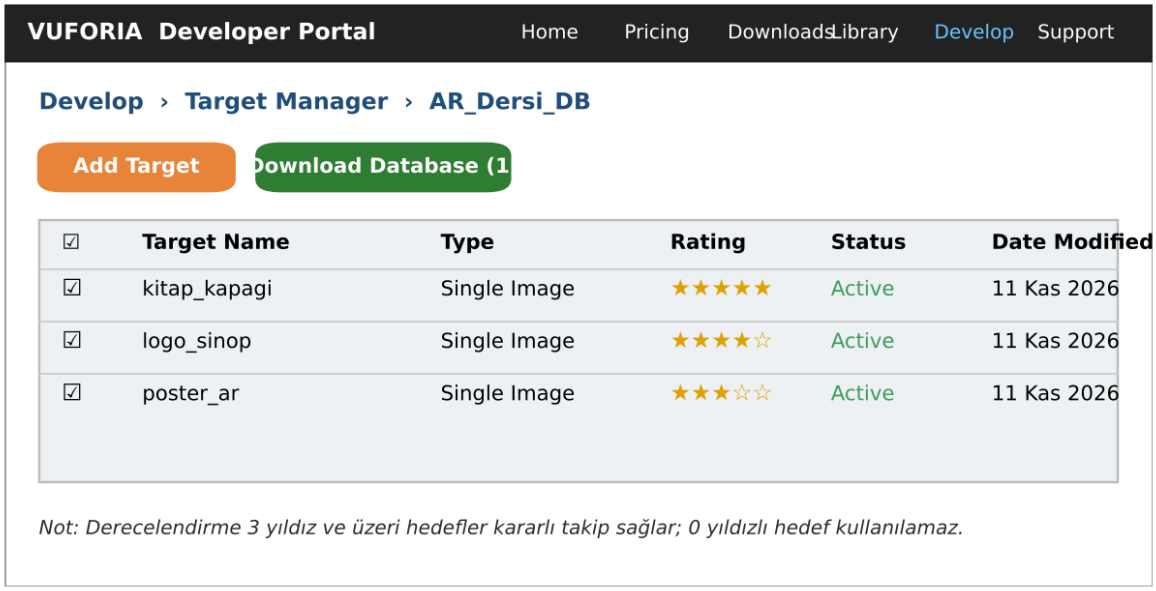
Eklenen her hedefe **0–5 yıldız** arası bir değerlendirme (rating) verilir. Hedefin algılanabilmesi için en az 1 yıldız gerekir; 0 yıldızlı hedefler kullanılamaz. Daha yüksek derecelendirme daha kolay algılama ve daha kararlı takip demektir; pratikte **3 yıldız ve üzeri** hedefler tercih edilmelidir.

- Çok sayıda ayırt edici detay, köşe ve keskin kenar içeren görsel seçin (fotoğraf, harita, kalabalık çizim).
- Boş alanları geniş, düz renkli, simetrik veya tekrar eden desenli görsellerden kaçının.
- Yüksek kontrast ve yeterli çözünürlük kullanın; görsel bulanık olmamalı.
- Basılı hedef mat kâğıda basılmalı; parlak/yansıtıcı yüzeylerden kaçının.
- Düşük puanlı görsele ayırt edici detaylar (çerçeve, logo, desen) ekleyip yeniden yükleyin.

6.4 Veritabanını indirme

1. Hedef listesinde indirmek istediğiniz hedeflerin kutucuğunu işaretleyin (veya tümünü seçin).
2. **Download Database (n)** düğmesine tıklayın.

3. Açılan pencerede **Select a development platform** altında **Unity Editor** seçin ve **Download** deyin.
4. Bilgisayarınıza **AR_Dersi_DB.unitypackage** dosyası inecektir.



Şekil 7. Target Manager – hedef listesi ve Download Database düğmesi (şematik)

> Veritabanında değişiklik yaparsanız (hedef ekleme/silme) veritabanını yeniden indirip Unity'ye yeniden aktarmanız gerekir.

7. Unity'de Image Target Uygulaması

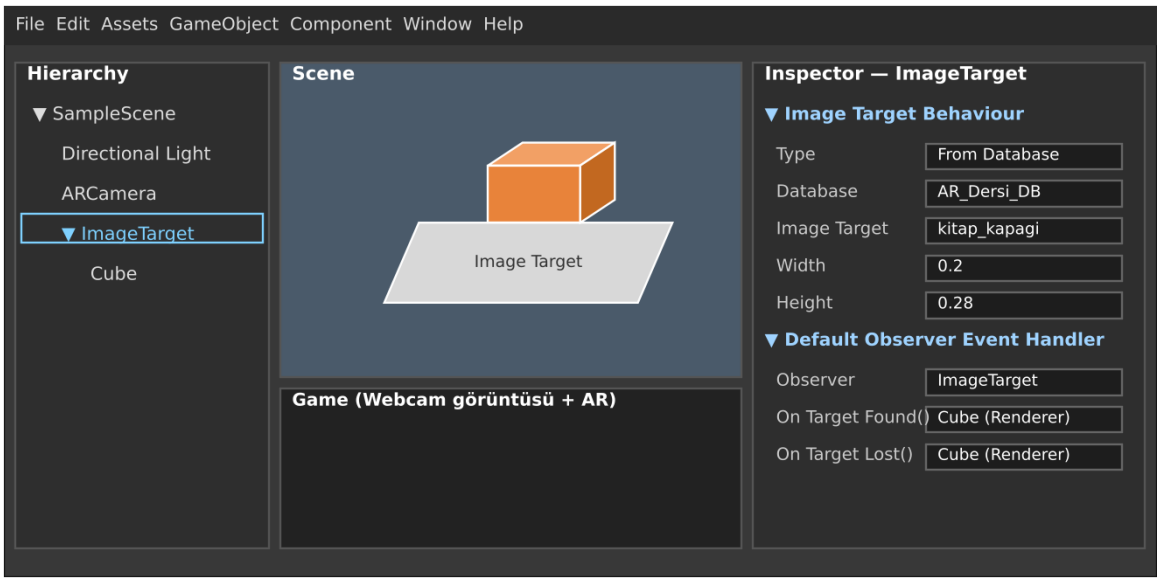
7.1 Veritabanını Unity'ye aktarma

1. Unity'de **Assets → Import Package → Custom Package…** ile indirdiğiniz **.unitypackage** dosyasını seçin ve **Import** deyin.
2. Veritabanı **Assets/Editor/Vuforia** ve **Assets/StreamingAssets/Vuforia** klasörlerine yerleşir (XML ve DAT dosyaları).
3. Hiyerarşiden **ARCamera**'yı seçip **Vuforia Configuration**'ı açın; **Databases** bölümünde veritabanınız için **Load** ve **Activate** kutularının işaretli olduğunu kontrol edin.

7.2 Sahneyi kurma

1. **ARCamera** sahnede olmalı, **Main Camera** silinmiş olmalı (bkz. 5.4).
2. **GameObject → Vuforia Engine → Image Target** ile sahneye bir Image Target ekleyin.
3. Image Target'ı seçin; Inspector'da **Image Target Behaviour** bileşeninde **Type** alanını **From Database** yapın.
4. **Database** açılır listesinden veritabanınızı (AR_Dersi_DB), **Image Target** listesinden hedefinizi (kitap_kapagi) seçin. Sahnede hedef görselin yerleştiği görülür; **Width/Height** otomatik dolar.

5. Hiyerarşide ImageTarget'a sağ tıklayıp **3D Object** → **Cube** (veya kendi 3B modelinizi) ekleyin; Cube'un ImageTarget'ın **çocuğu (child)** olduğundan emin olun. Böylece nesne hedefle birlikte hareket eder.
6. Cube'un **Position** değerlerini hedefin üstünde duracak şekilde ayarlayın (örn. Y = 0.05) ve **Scale** değerini hedef genişliğine göre küçültün (örn. 0.1, 0.1, 0.1).
7. **File** → **Save** ile sahneyi kaydedin (örn. Scenes/ARSahne).



Şekil 8. Unity: ARCamera, ImageTarget ve altındaki 3B nesne (şematik)

7.3 Hedef bulunduğunda/kaybolduğunda olay yakalama (isteğe bağlı)

Image Target üzerindeki **Default Observer Event Handler** bileşeni **On Target Found()** ve **On Target Lost()** olaylarını sunar. Aşağıdaki betik, hedef bulunduğunda/kaybolduğunda konsola mesaj yazar ve nesneyi açıp kapatır. Betiği ImageTarget'a ekleyip olaylara atayın.

```
using UnityEngine;

public class HedefOlaylari : MonoBehaviour
{
    public GameObject icerik; // Cube veya 3B model

    // On Target Found() olayına atanır
    public void HedefBulundu()
    {
        Debug.Log("Hedef bulundu");
        icerik.SetActive(true);
    }

    // On Target Lost() olayına atanır
    public void HedefKayboldu()
    {
        Debug.Log("Hedef kayboldu");
        icerik.SetActive(false);
    }
}
```

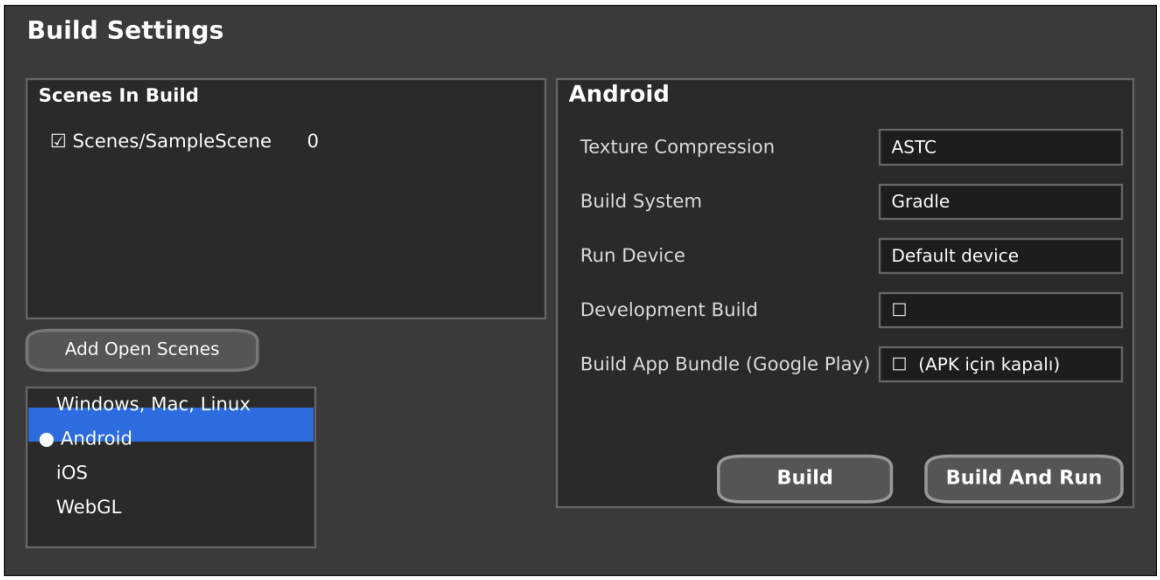
7.4 Bilgisayarda test etme

1. Bilgisayarınıza web kamera bağlı olmalıdır. Unity'de **Play** düğmesine basın.
2. Hedef görseli (basılı kâğıt veya telefon ekranında) web kameranıza gösterin.
3. Game penceresinde hedef algılandığında 3B nesnenin görselin üzerinde belirdiğini doğrulayın. Algılanmazsa lisans anahtarını, veritabanının Activate durumunu ve görsel kalitesini kontrol edin.

8. Uygulamanın Android APK'ya Dönüştürülmesi

8.1 Platformu Android'e geçirme

1. **File → Build Settings** menüsünü açın (Unity 6 ve sonrasında **File → Build Profiles**).
2. **Scenes In Build** listesinde kullandığınız sahnenin işaretli olduğundan emin olun; değilse **Add Open Scenes** ile ekleyin.
3. Platform listesinden **Android**'i seçip **Switch Platform** düğmesine tıklayın. (Android seçeneği yoksa Bölüm 4.1'deki Android Build Support modülü eksiktir.)



Şekil 9. Build Settings penceresi (şematik)

8.2 Player Settings ayarları

Build Settings → Player Settings (veya **Edit → Project Settings → Player**) penceresinde Android sekmesinde aşağıdaki ayarlar yapılır:

Ayar	Önerilen değer	Açıklama
Company Name / Product Name	Örn. SinopUniMYO / AR_Ders_Uygulamasi	Uygulama adı telefonda bu isimle görünür.
Package Name (Identifier)	com.sinopuni.arders (küçük harf, benzersiz)	Uygulamanın benzersiz kimliğidir; varsayılan 'com.Company.ProductName' değeri yerine kendi adınızı yazın.

Ayar	Önerilen değer	Açıklama
Minimum API Level	Unity'nin önerdiği varsayılan veya Vuforia gereksinimini karşılayan sürüm	Vuforia/Unity sürümünüzün desteklediği en düşük Android sürümüne dikkat edin.
Scripting Backend	IL2CPP	64-bit (ARM64) cihaz desteği için gereklidir.
Target Architectures	ARM64 (gerekirse ARMv7 de)	Güncel telefonların çoğu ARM64'tür; Google Play ARM64 şartı koşar.
Graphics APIs / Auto Graphics API	Auto Graphics API kapalı; OpenGLES3 (Vulkan listeden kaldırılabilir)	Bazı cihazlarda Vulkan kamera görüntüsü sorununa yol açabilir; sorun yaşanırsa Vulkan'ı kaldırın.
Build System / Build App Bundle	Gradle / Build App Bundle işaretsiz	APK üretmek için 'Build App Bundle' kapalı olmalı (AAB yalnızca Google Play içindir).
Vuforia Configuration	Lisans anahtarı girili, veritabanı Load/Activate açık	Eksikse uygulama açılışta lisans hatası verir veya hedef tanımaz.



Şekil 10. Player Settings – Android için temel ayarlar (şematik)

> Vuforia, uygulamaya kamera iznini (CAMERA) otomatik olarak ekler. Uygulama ilk açıldığında telefon kamera izni isteyecektir; izin verilmezse AR çalışmaz.

8.3 Telefonu hazırlama ve APK oluşturma

1. Telefonda **Ayarlar** → **Telefon Hakkında** → **Yapı Numarası** satırına 7 kez dokunarak **Geliştirici Seçeneklerini** açın.
2. **Geliştirici Seçenekleri** → **USB Hata Ayıklama**'yı etkinleştirin ve telefonu USB ile bilgisayara bağlayın; çıkan 'USB hata ayıklamaya izin ver' uyarısını onaylayın.
3. Unity'de **File** → **Build Settings**'te **Run Device** listesinde telefonunuzu görün. Doğrudan telefona kurmak için **Build And Run**'a tıklayın.
4. Yalnızca APK dosyası üretmek için **Build**'e tıklayın; kayıt klasörünü ve dosya adını (örn. ARDers.apk) seçin. İşlem birkaç dakika sürebilir (ilk derleme daha uzundur).

5. Oluşan **.apk** dosyasını telefona kopyalayın (USB, e-posta, bulut) ve dosya yöneticisinden açıp kurun. Gerekirse **Bilinmeyen kaynaklardan yüklemeye izin verin**.
6. Uygulamayı açın, kamera iznini verin ve kamerayı hedef görsele doğrultun; 3B nesne görselin üzerinde görünmelidir.

8.4 Sık karşılaşılan sorunlar

Sorun	Olası neden ve çözüm
Android seçeneği yok / SDK hatası	Unity Hub'dan Android Build Support, OpenJDK ve Android SDK & NDK Tools modüllerini ekleyin.
Uygulama açılışta lisans hatası veriyor	Vuforia Configuration'a doğru Develop License Key yapıştırıldığını kontrol edin; anahtarın başında/sonunda boşluk olmamalı.
Kamera görüntüsü siyah	Kamera izni verilmemiş olabilir; Graphics API'den Vulkan'ı kaldırıp OpenGLES3 kullanın; Main Camera'nın silindiğinden emin olun.
Hedef tanınmıyor	Veritabanı Load/Activate işaretli mi, Image Target'ta doğru veritabanı ve hedef seçili mi, görsel rating'i düşük mü, ortam ışığı yeterli mi kontrol edin.
3B nesne havada/çok büyük veya küçük	Nesnenin ImageTarget'ın child'ı olduğundan; Width değerinin gerçek boyutla uyumlu olduğundan ve Scale'in uygun olduğundan emin olun.
Build sırasında Gradle/Package Name hatası	Package Name küçük harf, noktalı ve benzersiz olmalı; Minimum API Level ve Scripting Backend ayarlarını kontrol edin.
APK kurulmuyor	Bilinmeyen kaynaklardan yüklemeye izin verin; mimariyle (ARM64) uyumlu olduğundan emin olun.

9. Uygulama Çalışması ve Değerlendirme Soruları

9.1 Laboratuvar çalışması

1. Kendi seçtiğiniz bir görsel (3 yıldız ve üzeri) için Vuforia'da bir Device Database oluşturup Unity'ye aktarın.
2. Image Target üzerinde bir 3B model (Cube yerine ücretsiz bir model) gösterin; hedef bulunduğunda bir ses veya animasyon çalıştırın.
3. Uygulamayı APK olarak üretip telefonunuza kurun, ekran videosunu kaydederek teslim edin.

9.2 Kısa sorular

1. AR, VR ve MR arasındaki farkları örneklerle açıklayınız.
2. İşaretçi tabanlı ve işaretçisiz AR arasındaki fark nedir? Hangi durumda hangisini seçersiniz?
3. Vuforia Engine'de Device ve Cloud veritabanı arasındaki fark nedir?
4. Image Target'ın Rating (yıldız) değeri neyi gösterir, nasıl artırılır?
5. Vuforia lisans anahtarı Unity'de nereye girilir, girilmezse ne olur?
6. Android'de APK üretmek için Player Settings'te hangi ayarlar gereklidir?

Kaynaklar

- Vuforia Engine Package Hosting for Unity – https://library.vuforia.com/vuforia-engine-package-hosting-for-unity.html
- Getting Started with Vuforia Engine in Unity – https://library.vuforia.com/getting-started/getting-started-vuforia-engine-unity
- Vuforia Target Manager – https://library.vuforia.com/getting-started/vuforia-target-manager
- Vuforia Engine and AR Foundation – https://developer.vuforia.com/library/unity-extension/vuforia-engine-and-ar-foundation
- Unity Manual – Setting up Image Targets (Vuforia) – docs.unity3d.com
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays.

Not: Menü adları ve ayar yerleri Unity ve Vuforia sürümüne göre küçük farklılıklar gösterebilir. Şekiller işlem adımlarını açıklamak için hazırlanmış şematik çizimlerdir; ders sırasında kendi ekran görüntülerinizle zenginleştirebilirsiniz.