



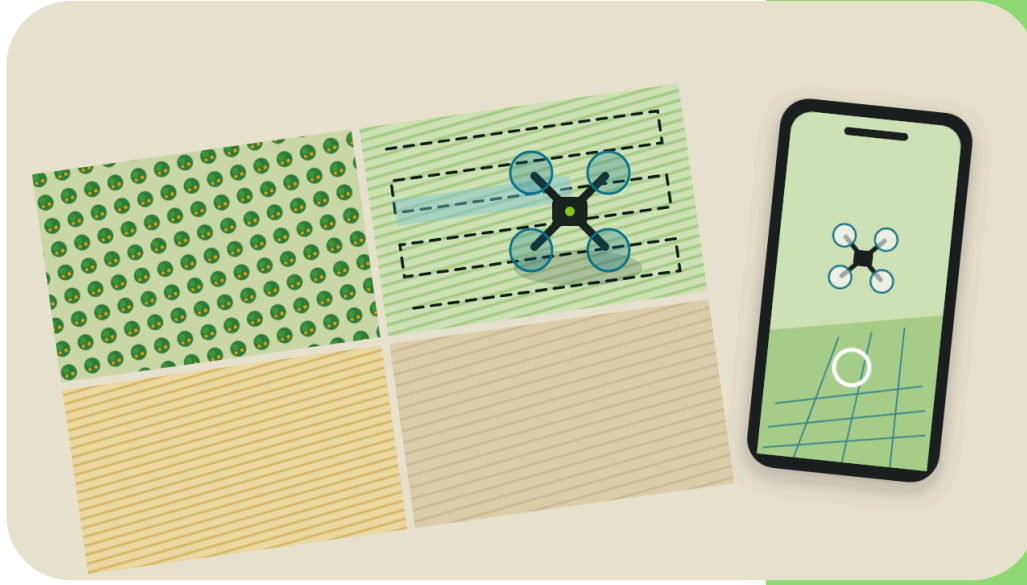
Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Sürdürülebilir Tarım Akademisi

Artırılmış Gerçeklik (AR) Tabanlı Tarımsal Drone Kullanımı ve Drone Uçuş Simülasyonu

MODÜL 4 · EL KİTABI



Çevresel Sürdürülebilirlik ve Sınır Ötesi İş
Diyalogu İçin Akıllı Tarım

Sözleşme No TR2021/W1T7/A02/OT02-2/041 (TEBD II)





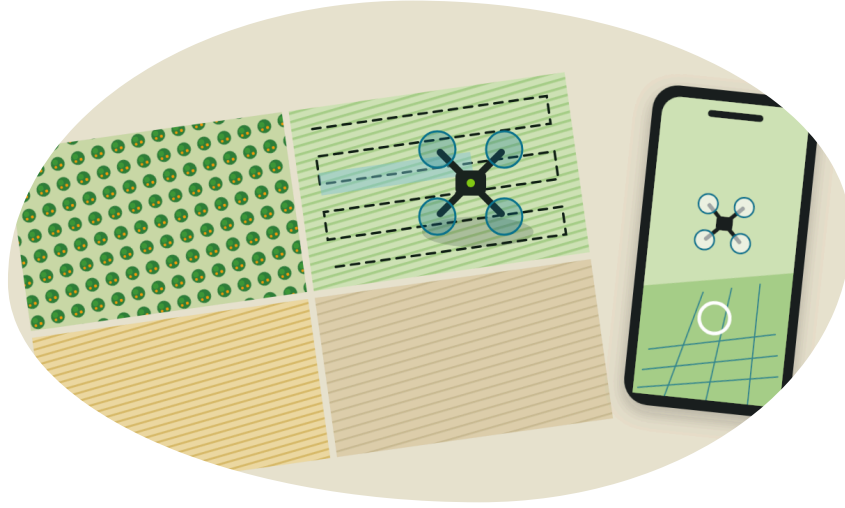
Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Sürdürülebilir Tarım Akademisi

ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK (AR) TABANLI TARIMSAL DRONE KULLANIMI VE DRONE UÇUŞ SİMÜLASYONU

Modül 4 - El kitabı



Çevresel Sürdürülebilirlik ve Sınır Ötesi İş Diyalogu İçin Akıllı Tarım Projesi

TR2021/W1T7/A02/OT02-2/041 (TEBD II)

Bu el kitabı, “Çevresel Sürdürülebilirlik ve Sınır Ötesi İş Diyalogu İçin Akıllı Tarım” projesi kapsamında Sürdürülebilir Tarım Akademisi “Artırılmış Gerçeklik (AR) Tabanlı Tarımsal Drone Kullanımı ve Drone Uçuş Simülasyonu” modülünün basılı başvuru kaynağı olarak hazırlanmıştır.





Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



İçindekiler

- Modül hakkında
- 1 Tarımda drone kullanım alanları
- 2 Tarımsal drone türleri
- 3 Drone bileşenleri ve algılayıcılar
- 4 Veri toplama ve analiz: uçuş planından haritaya
- 5 Güvenli uçuş kuralları ve uçuş simülasyonu
- 6 Yasal çerçeve: Türkiye, AB ve Yunanistan
- 7 Artırılmış gerçekliğin temelleri
- 8 AR ile uygulamalı öğrenme
- 9 Hassas tarımda drone kullanım senaryoları
- 10 Oturum 1: Uçuş öncesi kontrol ve serbest uçuş
- 11 Oturum 2: İlaçlama görevi planlama ve uygulama
- 12 Oturum 3: Gözlem ve haritalama görevi
- 13 Oturum 4: AR kipinde görev
- Terimler



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Modül hakkında

Bu modül, tarımsal drone'u bir karar aracı olarak ele alır. Drone'un tarımda hangi işleri yaptığını, hangi türlerin hangi göreve uygun olduğunu, parçalarını ve algılayıcılarını, bir haritalama uçuşunun nasıl planlanıp haritaya dönüştüğünü öğrenirsiniz. Güvenli uçuş kuralları ve sürüklenme, Türkiye, AB ve Yunanistan mevzuatıyla birlikte işlenir.

Üçüncü bölüm artırılmış gerçekliğin temellerini, eğitimdeki kanıtları ve tarımdaki uygulamalarını anlatır. Son bölümde tarayıcıda çalışan bir drone simülatörüyle dört özel oturum yaparsınız: serbest uçuş, Kozan'da bir portakal bahçesinde ilaçlama, Larissa'da bir pamuk tarlasında haritalama ve AR kipinde noktasal ilaçlama. Simülasyon değerleri üretici kılavuzlarına ve bilimsel kaynaklara dayanır.

Modül bir ön eğitimidir; pilot lisansının ve yetkili kuruluşlarca verilen uygulamalı eğitimin yerini tutmaz.

Zaman planı: 188 dk





Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Öğrenme çıktıları

Modülü tamamlayan katılımcı:

- Tarımsal drone kullanımını gözlem ve uygulama olarak sınıflandırır ve başlıca kullanım alanlarını açıklar.
- Çok rotorlu, sabit kanatlı ve VTOL drone'ları görev ve alan büyüklüğüne göre karşılaştırır.
- Drone parçalarını ve RGB, çok bantlı, termal, LiDAR ve RTK-GNSS algılayıcılarının işlevlerini tanımlar.
- Yer örnekleme mesafesini ve hat aralığını hesaplar, yükseklik, hız ve bindirme arasında denge kurar.
- Uçuş öncesi kontrolleri sıralar; rüzgâr, yükseklik ve sürüklenme ilişkisini açıklar ve batarya rezervine göre dönüş kararı verir.
- Türkiye'de SHGM ve Tarım ve Orman Bakanlığı kurallarını, AB ve Yunanistan'daki hava yoluyla ilaçlama yasağıyla karşılaştırır.
- AR'ın çalışma ilkesini açıklar ve simülasyonda serbest uçuş, ilaçlama ve haritalama görevlerini güvenlik kurallarına uyarak tamamlar.

Kimler için

- Drone ile gözlem ya da ilaçlama hizmeti almayı düşünen çiftçiler ve üretici örgütleri
- Tarımsal drone pilotu ya da uygulayıcısı olmak isteyenler
- Ziraat mühendisleri, danışmanlar ve kooperatiflerin teknik personeli
- Tarım teknolojisi alanında çalışan KOBİ'ler

Ön koşullar

- Modül 1-3'ün tamamlanması önerilir
- Temel akıllı telefon ya da bilgisayar kullanımı
- Drone pilotluğu deneyimi gerekmez
- AR kipi için isteğe bağlı olarak ARCore destekli bir Android telefon (3B ve 2B kipler her cihazda çalışır)

Bu kitap akademideki derslerin basılı özetidir; videolar, etkinlikler ve sınav çevrimiçi yürür.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 1

Tarımda drone kullanım alanları

10 dk

Tarlanın üzerinde uçan küçük bir hava aracı, artık pek çok bölgede alışılmış bir görüntü. Tarımda kullanılan bu araçlara insansız hava aracı (İHA) ya da kısaca drone denir. Bu modülde drone'u yalnız bir teknoloji olarak değil, tarladaki bir karar aracı olarak ele alıyoruz. İlk derste drone'un tarımda hangi işleri üstlendiğini ve nerede sınırlarına ulaştığını görüyoruz.

BU DERSTE

- ✓ Tarımsal drone kullanımını gözlem ve uygulama olarak iki ana gruba ayıracaksınız.
- ✓ Kurumsal kaynaklarda sayılan başlıca kullanım alanlarını tanıyacaksınız.
- ✓ Drone'un sağladığı yararları ve karşılaştığı sınırları birlikte değerlendireceksiniz.
- ✓ Kozan ve Larissa'daki ürün desenine göre olası kullanım örneklerini düşüneceksiniz.

İki ana iş: görmek ve uygulamak

Tarımsal drone'ların yaptığı işleri iki grupta toplamak mümkündür. Birinci grup **gözlem ve veri toplama** işidir. Drone üzerindeki kamera ya da sensör tarlanın görüntüsünü alır. Bu görüntülerden haritalar, bitki sağlığı göstergeleri ve ağaç ölçüleri çıkarılır. İkinci grup **uygulama** işidir. Burada drone bir tank taşıyıcı ve bitki koruma ürünü, sıvı gübre ya da tohum gibi bir girdiyi tarlaya bırakır.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Kurumsal kaynaklardaki kullanım alanları

BM Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ile Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU), 2018'de yayımladıkları drone raporunda ürün döngüsü boyunca altı kullanım alanı sayar. Bunlar aşağıdaki kartlarda özetlenmiştir.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Toprak ve tarla analizi

Arazinin üç boyutlu haritası, ekim planlamasına ve besin durumunun incelenmesine yardım eder.

Ekim

Bazı sistemler tohumu besinle birlikte toprağa atar.

İlaçlama

Drone yerden uzaklığını ayarlayarak sıvıyı düzgün dağıtmaya çalışır.

Ürün izleme

Zaman serisi görüntüler bitki gelişimini ve verimsiz alanları gösterir.

Sulama

Termal ya da çok bantlı sensörler tarlanın kuru kalan bölümlerini gösterir.

Sağlık değerlendirmesi

Görünür ışık ve yakın kızılötesi yansıma karşılaştırılarak bitki sağlığı izlenir.

Aynı raporda ilaçlama dronlarının geçmişi de anlatılır. Bu uygulama ilk kez 1980'lerde Japonya'da, ilaç tankı taşıyan insansız helikopterlerle başladı. Rapor, 2018'deki tipik ilaçlama dronunun on litreden büyük bir tank taşıdığını ve bir hektarı yaklaşık on dakikada işleyebildiğini belirtir. Bugün piyasadaki büyük modellerin tankı 40 litreye kadar çıkmıştır.

Rapor önemli bir noktanın da altını çizer: ilaçlama dronunun tam yararı, görüntüleme ve analizle birlikte kullanıldığında ortaya çıkar. Sorunlu alan önce görüntüyle bulunur, uygulama yalnız oraya yapılırsa etkilenen alanda doz daha isabetli olur ve toplam kimyasal kullanımı azalabilir. Bu modül de aynı mantıkla ilerler: önce görmeyi, sonra uygulamayı öğreneceğiz.

1980'ler

Japonya'da insansız
helikopterle ilk ilaçlama

30 yıl+

Çin, Japonya ve Kore'de ticari
kullanım (OECD, 2021)

40 L

Güncel büyük bir ilaçlama
dronunun tank hacmi



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Çevrimiçi etkinlik

Kullanım alanı ve drone'un yaptığı iş

Her kullanım alanını, drone'un o işte tam olarak ne yaptığıyla eşleştirin.

Bu etkinlik akademiye etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

Yararlar ve sınırlar birlikte

OECD'nin 2021 tarihli derlemesi, ilaçlama dronlarının olası yararlarını şöyle sıralar: sırt pülverizatörüne göre uygulayıcının ilaca daha az maruz kalması, eğimli bağ gibi girilmesi zor alanlarda daha güvenli uygulama ve tarla taramasıyla bağlantılı bölgesel ya da noktasal uygulama. Aynı rapor bu yararların henüz yeterli veriyle doğrulanmadığını da açıkça yazar. Örneğin İsviçre'de 15.700 hektarlık bağ alanının yarısından fazlası traktörün giremeyeceği kadar diktir. Bu bağlarda drone, helikopterin gürültü ve sürüklenme sorunlarına bir seçenek olarak denenmektedir.

FAO raporu ise sınırları da sayar: yazılım kalitesi, ülkeden ülkeye değişen mevzuat, kısa uçuş süresi, yüksek ilk yatırım, insanlı hava araçlarıyla paylaşılan hava sahası, kırsalda zayıf bağlantı ve hava koşullarına bağımlılık.

Drone'un güçlü olduğu yer

- Islak ya da eğimli zeminde toprağa basmadan çalışma
- Kısa sürede yüksek çözünürlüklü görüntü
- Sorunlu alanı tarlanın geri kalanından ayırma

Dikkat isteyen yer

- Rüzgârlı havada sürüklenme riski
- Batarya ve tank nedeniyle kısa görev süresi
- Kayıt, belge ve izin yükümlülükleri



Kozan'dan örnek

Kozan portakalı 2020'de menşe adıyla tescillendi. Bir portakal bahçesinde drone önce gözlem için kullanılabilir: ağaçların sayılması, taç büyüklüğünün ölçülmesi ve sararan



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



ağaçların bulunması. Sorun belirli ağaçlarda toplanıyorsa uygulama, bütün bahçe yerine yalnız o bölgede planlanabilir.

Kozan Ticaret Odası'nın proje kapsamında 103 çiftçi ve KOBİ temsilcisiyle yaptığı ihtiyaç anketinde katılımcıların 80'i ilaçlama makinesine sahip olduğunu söyledi. Aynı ankette AB Yeşil Mutabakatı'nın pestisit kullanımını azaltma hedefine 55 katılımcı katıldığını ya da kesinlikle katıldığını, 37'si kısmen katıldığını belirtti. Önce görüp sonra yalnız sorunlu alana uygulamak, bu hedefe doğrudan hizmet eder.



Larissa'dan örnek

Eylül 2023'teki Daniel fırtınasından sonra uydu radarı, Teselya ovasında yaklaşık 282 km² pamuk alanının su altında kaldığını gösterdi. Bu, ovadaki pamuk alanının %30,5'idir. Uydu geniş ölçekli resmi verir. Drone ise parsel ölçeğinde, hasarı belgelemek için daha ayrıntılı bir görüntü sağlayabilir.

Proje de bu konuya yer veriyor: faaliyet takviminde 8 Mayıs 2026'da Larissa'da, çiftçiler ve tarım sektörü için tarımsal uygulamalarda drone kullanımını konu alan uygulamalı bir çalıştay duyuruldu.

Çevrimiçi etkinlik

Hızlı kontrol

Bu etkinlik akademiye etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarımsal-drone/>

İHA	İnsansız hava aracı. Tarımda kullanılanlara kısaca drone denir.
Gözlem dronu	Kamera ya da algılayıcı taşıyıp tarladan veri toplayan, görece hafif drone.
İlaçlama dronu	Tank, pompa ve meme taşıyan, bitki koruma ürünü ya da sıvı gübre uygulayan drone.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Noktasal uygulama

Girdinin bütün tarla yerine yalnız sorunlu bölgeye uygulanması.

Özetle

Tarımsal drone iki iş yapar: tarlayı görür ve tarlaya girdi uygular. En iyi sonuç, ikisi birbirine bağlandığında alınır: önce sorunlu alan görüntüyle bulunur, sonra uygulama yalnız o alana yapılır. Yararların yanında kısa uçuş süresi, hava koşulları ve mevzuat gibi sınırlar da vardır. Sonraki derslerde bu sınırları tek tek ele alacağız.

1. FAO ve ITU (2018). **E-agriculture in Action: Drones for Agriculture.**
2. OECD (2021). **Report on the State of the Knowledge: Literature Review on Unmanned Aerial Spray Systems in Agriculture.** Series on Pesticides No. 105.
3. TÜRKPATENT (2020). **Kozan Portakalı, coğrafi işaret tescil no. 534.**
4. He, K. ve diğerleri (2024). **Storm Daniel flood impact in Greece in 2023: mapping crop and livestock exposure from synthetic-aperture radar.** Natural Hazards and Earth System Sciences, 24, 2375-2382.
5. Kozan Ticaret Odası (2026). **Kozan'daki Yerel Toplulukların İhtiyaçlarının Değerlendirilmesi: Anket Raporu, Şekil 17 ve Tablo 3.**
6. Kozan Ticaret Odası (2026). **Drone ile Tarım Uygulamaları (proje faaliyeti).**



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 2

Tarımsal drone türleri

11 dk

Tarımda kullanılan drone'lar tek bir tip değildir. Kimi havada asılı kalıp ağır bir tank taşır, kimi bir uçak gibi süzülerek yüzlerce hektarı tek uçuşta fotoğraflar. Doğru aracı seçmek, işin ne olduğuna, tarlanın büyüklüğüne ve kalkış için ne kadar yer olduğuna bağlıdır. Bu derste üç temel gövde tipini ve görev türüne göre ayrımı ele alıyoruz.

BU DERSTE

- ✓ Çok rotorlu, sabit kanatlı ve VTOL drone'ları uçuş biçimlerine göre ayırt edeceksiniz.
- ✓ Her türün uçuş süresi, hız ve kalkış-iniş gereksinimlerini karşılayacaksınız.
- ✓ Gözlem ve ilaçlama dronları arasındaki farkları açıklayacaksınız.
- ✓ Bir işletme için hangi türün uygun olduğuna gerekçeli karar vereceksiniz.

Çok rotorlu drone'lar

Dört, altı ya da sekiz pervaneli drone'lar kaldırma kuvvetini doğrudan pervanelerden alır. Bu yüzden dikey kalkar, havada tek noktada durur ve her yöne hareket eder. FAO ve ITU raporu bu türün hızının ve uçuş süresinin daha düşük, taşıma kapasitesinin daha sınırlı olduğunu belirtir. Buna karşılık dar alanlarda manevra yeteneği yüksektir. Zararlı, hastalık ve yabancı ot tespiti için yakından inceleme yapılabilir.

Tarımdaki çok rotorlu drone'lar iki gruba ayrılır. **Gözlem dronları** hafiftir ve bir kamera taşır. Örneğin çok bantlı kameralı bir gözlem dronu için üretici en fazla 43 dakika uçuş süresi verir. **İlaçlama dronları** ise çok daha ağırdır. 40 litrelik tankı olan bir modelin ilaçlama için azami kalkış ağırlığı 92 kilogramdır. Aynı modelin askıda kalma süresi boşken 16,5 dakika, tam yüklüken yalnız 7 dakikadır. Tank ve batarya ağırlığı, uçuş süresini doğrudan kısaltır.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Sabit kanatlı drone'lar

Sabit kanatlı drone bir uçak gibi kanadından kaldırma kuvveti alır. Havada duramaz, sürekli ileri uçmak zorundadır. FAO raporuna göre bu türün en büyük avantajı daha uzun uçuş süresi ve dolayısıyla daha geniş kapsama alanıdır. Saatte 80 kilometreyi aşan hızlarla uçabilir. Dezavantajı, kalkış ve iniş için alan gerektirmesi ve manevrasının zor olmasıdır.

Güncel bir örnekte üretici, elle fırlatılan ve düz bir hat üzerinde otomatik inen sabit kanatlı bir haritalama dronu için 90 dakikaya kadar uçuş süresi verir. Bu drone 120 metre yükseklikte tek uçuşta yaklaşık 220 hektarı tarayabilir. Sabit kanatlı drone'lar ilaçlama için değil, büyük alanların haritalanması için kullanılır.

VTOL drone'lar

VTOL, "dikey kalkış ve iniş" anlamına gelen İngilizce kısaltmadır. Bu drone'lar çok rotorlu gibi dikey kalkar, havaya çıkınca kanatlarıyla sabit kanatlı gibi uçar. Böylece pist ya da fırlatma alanı gerekmez, ama uzun uçuş süresi korunur. Örneğin kuyruğu üzerinde durarak kalkan (tailsitter) bir VTOL haritalama dronu için üretici 59 dakikaya kadar uçuş süresi ve 120 metreden 2,7 cm çözünürlükte tek uçuşta 460 hektar kapsama verir. Karşılığında bakım ve kullanım daha karmaşıktır, fiyatı da yüksektir.

ÖZELLİK	ÇOK ROTORLU	SABİT KANATLI	VTOL
Kalkış ve iniş	Dikey, küçük alan yeter	Elle fırlatma ya da pist, düz iniş alanı	Dikey, küçük alan yeter
Havada durma	Var	Yok	Yalnız kalkış ve inişte
Örnek uçuş süresi	7-43 dk (yükü göre)	90 dk'ya kadar	59 dk'ya kadar
Tipik iş	İlaçlama, yakın gözlem, küçük parsel haritası	Büyük alan haritası	Büyük alan haritası, engebeli arazi



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Çevrimiçi etkinlik

Hangi drone türü?

Her özelliği ait olduğu drone türüne yerleştirin.

Bu etkinlik akademiye etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

Göreve göre seçim

Seçimde ilk soru "ne yapacağım?" olmalıdır. Bitki koruma ürünü uygulanacaksa tek seçenek, bu iş için tasarlanmış ve yetkili kurumca ruhsatlandırılmış bir ilaçlama dronudur. Görüntü alınacaksa alanın büyüklüğüne bakılır. Birkaç yüz dekarlık bahçe ya da tarla için çok rotorlu bir gözlem dronu yeterlidir. Binlerce dekarlık bir ovada ise sabit kanatlı ya da VTOL daha az batarya değişimiyle işi bitirir.

Uçuş süresi tek başına ölçüt değildir Üreticilerin verdiği süreler rüzgârsız ve ılık havada ölçülür. Örneğin ilaçlama dronunun askıda kalma süresi 3 m/s altı rüzgârda ve 25 °C'de ölçülmüştür. Sıcak ve rüzgârlı bir Çukurova öğleden sonrasında gerçek süre daha kısa olabilir.



Kozan'dan örnek

Bir portakal bahçesinde ağaç sıraları arası dar olabilir; kenarlarda rüzgâr kıran ağaçlar, elektrik direkleri ya da sulama kanalları bulunabilir. Bu tür engelli bir ortamda havada durabilen, yavaş ve alçak uçabilen çok rotorlu drone uygun olur. Bahçe dışında, ovadaki geniş buğday ve mısır tarlalarının haritası için VTOL ya da sabit kanatlı bir drone daha az uçuşla aynı işi yapabilir.



Larissa'dan örnek



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Teselya ovasında pamuk, buğday ve yonca gibi ürünler geniş ve düz parsellerde yetişir. Bu tür parsellerde büyük alan haritalamasında sabit kanatlı ve VTOL drone'lar avantajlıdır. Tek bir parselin yakından incelenmesinde ise çok rotorlu gözlem dronu daha pratiktir.

Özetle

Çok rotorlu drone havada durabildiği için ilaçlama ve yakın gözlemde kullanılır, ama uçuş süresi kısadır. Sabit kanatlı drone uzun süre uçar ve geniş alan tarar, ama havada duramaz ve iniş alanı ister. VTOL ikisinin arasında yer alır: dikey kalkar, kanatla uçar. Seçim, görev türüne ve alan büyüklüğüne göre yapılır.

1. FAO ve ITU (2018). **E-agriculture in Action: Drones for Agriculture.**
2. DJI (2023). **Agras T50/T25 User Manual v1.0.**
3. DJI. **Mavic 3M teknik özellikleri.**
4. Wingtra. **WingtraOne Gen II teknik özellikleri.**
5. EagleNXT. **eBee X teknik özellikleri.**



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 3

Drone bileşenleri ve algılayıcılar

12 dk

Bir drone'u güvenli kullanmak için içini de tanımak gerekir. Pervanenin neden dengeli olması gerektiğini, bataryanın neden uçuş süresini belirlediğini ya da radarın hangi engelleri göremediğini bilen pilot, sahada daha doğru karar verir. Bu derste drone'u oluşturan parçaları ve tarımda en çok kullanılan algılayıcıları inceliyoruz.

BU DERSTE

- ✓ Bir ilaçlama dronunun ana parçalarını ve görevlerini tanıyacaksınız.
- ✓ RGB, çok bantlı, termal ve LiDAR algılayıcılarının neyi ölçtüğünü eşleştireceksiniz.
- ✓ RTK-GNSS ile standart GNSS arasındaki doğruluk farkını açıklayacaksınız.
- ✓ Engel algılama sistemlerinin sınırlarını öğreneceksiniz.

Uçuşu sağlayan parçalar

Çerçeve ve kollar bütün parçaları taşır. Genellikle karbon fiber ya da alüminyum gibi hafif ve dayanıklı malzemeden yapılır. **Fırçasız motorlar** pervaneleri döndürür. Her motorun devrini bir **elektronik hız kontrolcüsü (ESC)** ayarlar. **Uçuş kontrolcüsü** drone'un beynidir: ivmeölçer ve jiroskoptan gelen veriyi dengeyi korur, konum ve rota bilgisine göre motorlara komut verir.

Batarya uçuş süresini belirler. Tarımsal ilaçlama dronlarında bataryalar oldukça büyüktür. Örneğin 40 litrelik tanklı bir modelin bataryası 30 Ah kapasitede ve 1567 Wh enerjidedir. Üretici, bataryayı zarar görmemesi için yüzde 15'in altına indirmeden kullanmayı ister. **Pervaneler** ise itmeyi üretir. Çatlak ya da kırık bir pervane titreşim yaratır ve uçuşu tehlikeye atar.

Uygulama ve güvenlik parçaları

İlaçlama dronunda **tank**, **pompa** ve **memeler** vardır. Aynı üreticinin kılavuzuna göre 40 litrelik tanklı model, bitkinin 3 metre üzerinden uçarken 4 ile 11 metre arasında etkili bir püskürtme genişliği sağlar. Debiyi bir akış ölçer izler.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Güncel ilaçlama dronları **radar ve çift kamera (stereo görüş)** ile engelleri algılar ve bitki yüzeyine olan yüksekliği ölçer. Kılavuz bu sistemin sınırlarını da açıkça yazar: elektrik hatları, küçük engeller ve iniş takımı hizasındaki nesneler algılanamayabilir. Bu yüzden engel algılama, pilotun dikkatinin yerini tutmaz. **GNSS antenleri** konumu belirler. Çift anten, drone'un baktığı yönü de ölçer.

Çevrimiçi etkinlik

Bir ilaçlama dronunun parçaları

Çizimdeki noktalara dokunarak her parçanın görevini açın. Hepsi açılınca etkinlik tamamlanır.

Bu etkinlik akademiye etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

Görmeyi sağlayan algılayıcılar

RGB kamera

İnsan gözünün gördüğü kırmızı, yeşil ve mavi ışığı kaydeder. Yüksek çözünürlüklü fotoğraflardan ortomozaik ve üç boyutlu model üretilir. Ağaç sayımı, boşluk tespiti ve hasar belgelenmesi için kullanılır.

Çok bantlı (multispektral) kamera

Işığı dar bantlara ayırarak ölçer. Örnek bir tarımsal modelde dört bant vardır: yeşil (560 nm), kırmızı (650 nm), kırmızı kenar (730 nm) ve yakın kızılötesi (860 nm). Sağlıklı bitki görünür ışığın çoğunu fotosentez için emer, yakın kızılötesinin büyük bölümünü yansıtır. NASA'nın tanımıyla NDVI şöyle hesaplanır: $NDVI = (NIR - kırmızı) / (NIR + kırmızı)$. Değer -1 ile +1 arasındadır. Sık bitki örtüsünde 0,6-0,8, bitkisiz alanlarda 0,1 ve altı görülür.

Termal kamera

Yüzey sıcaklığını ölçer. Suyu yetersiz kalan bitki yapraklarındaki gözenekleri kapatır, terleme azalır ve yaprak ısınır. Danimarka'da yürütülen bir çalışmada termal ve görünür görüntüler birleştirilerek arpa tarlası için bütün sezon boyunca 0,25 m çözünürlükte su stresi haritaları üretilmiştir.

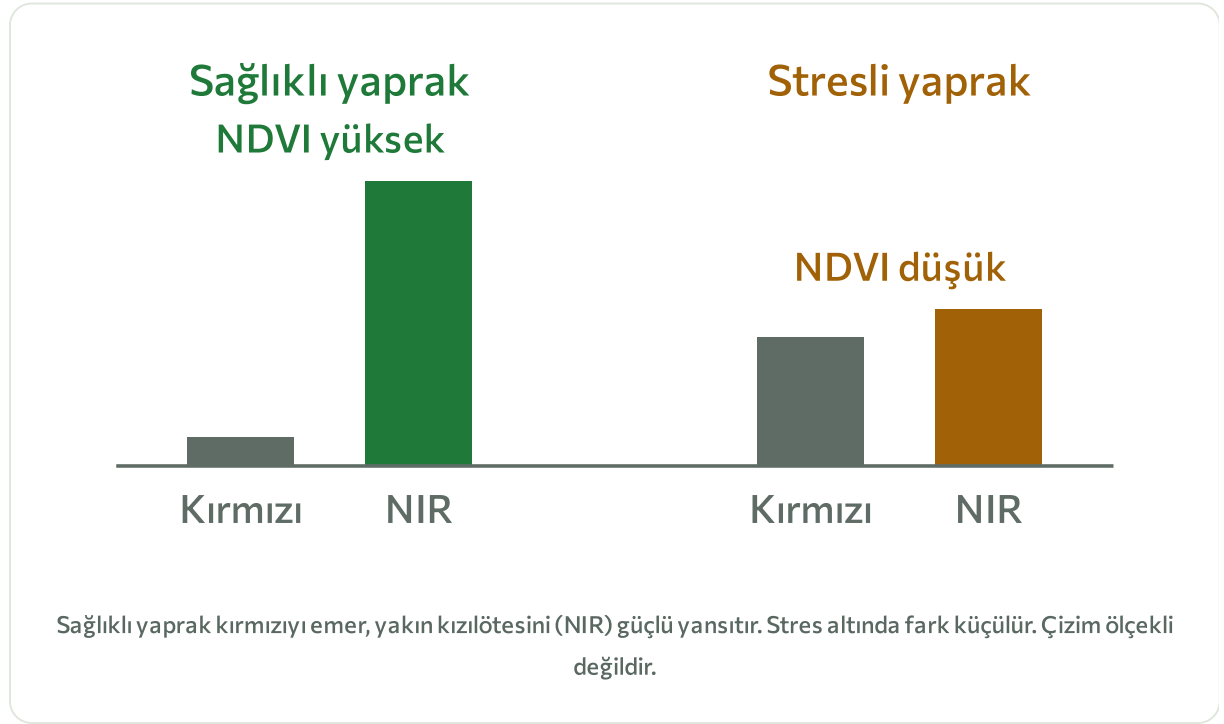


Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



LiDAR

Lazer darbeleri gönderir ve dönüş süresinden mesafeyi hesaplar. Bir darbenin birden fazla yansıması kaydedilebildiği için lazer, yaprak aralarından zemine de ulaşır. Böylece hem ağaç tacının hem zeminin yüksekliği ölçülür. Örnek bir sistemde üretici, 150 metrede yatayda 5 cm, düşeyde 4 cm doğruluk verir.



Konum doğruluğu: GNSS ve RTK

Standart uydu konumlaması birkaç metrelik hata yapabilir. Bu, geniş bir haritada fark edilmez ama iki uçuşun görüntüsünü üst üste koyarken ya da kanala birkaç metre kala ilaçlamayı kesmek isterken önemlidir. RTK (gerçek zamanlı kinematik) sistemi, bir yer istasyonundan ya da düzeltme ağından gelen düzeltmelerle bu hatayı santimetre düzeyine indirir. Örnek bir gözlem dronu için üretici, RTK ile yatayda 1 cm + 1 ppm, düşeyde 1,5 cm + 1 ppm doğruluk verir.

Çevrimiçi etkinlik

Algılayıcı ne ölçer?

Bu etkinlik akademiye etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Kozan'dan örnek

Bir portakal bahçesinde LiDAR ya da bindirmeli RGB fotoğraflarla ağaç yüksekliği ve taç büyüklüğü ölçülebilir. İspanya'da zeytin bahçelerinde yapılan bir çalışmada drone fotoğraflarından hesaplanan ağaç yüksekliği, yer ölçümlerinden ortalama 0,17-0,53 m farkla elde edilmiştir. Taç büyüklüğü bilinirse ilaçlamada doz ve uçuş yüksekliği ağaca göre ayarlanabilir.



Larissa'dan örnek

Geniş pamuk parsellerinde çok bantlı kamera ile alınan NDVI haritası, gelişimi geri kalan bölgeleri gösterir. Termal kamera aynı bölgelerde su stresi olup olmadığını anlamaya yardım eder. İki veri birlikte okunursa sorunun sulamadan mı yoksa başka bir nedenden mi kaynaklandığı daha kolay ayırt edilir.

Özetle

Uçuşu motor, ESC, uçuş kontrolcüsü, batarya ve pervaneler sağlar. İlaçlama dronunda tank, pompa ve memeler, güvenlik için de radar ve kameralar vardır; ancak ince hatlar algılanamayabilir. Veri tarafında RGB kamera görüntü ve modeli, çok bantlı kamera bitki sağlığını, termal kamera su stresini, LiDAR üç boyutlu yapıyı ölçer. RTK, bütün bu verileri santimetre düzeyinde doğru konuma yerleştirir.

1. DJI (2023). **Agras T50/T25 User Manual v1.0**.
2. DJI. **Mavic 3M teknik özellikleri**.
3. NASA Earth Observatory. **Measuring Vegetation (NDVI and EVI)**.
4. Hoffmann, H. ve diğerleri (2016). **Crop water stress maps for an entire growing season from visible and thermal UAV imagery**. Biogeosciences, 13, 6545-6563.
5. Torres-Sánchez, J. ve diğerleri (2015). **High-Throughput 3-D Monitoring of Agricultural-Tree Plantations with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology**. PLoS ONE, 10(6).



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 4

Veri toplama ve analiz: uçuş planından haritaya

14 dk

Drone'dan gelen veri, uçuştan önce verilen kararlar kadar iyidir. Uçuş yüksekliği görüntünün ne kadar ayrıntılı olacağını, fotoğraflar arasındaki bindirme ise haritanın hatasız birleşip birleşmeyeceğini belirler. Bu derste bir haritalama uçuşunu baştan sona planlıyor, fotoğrafların nasıl haritaya dönüştüğünü ve bu haritanın nasıl okunacağını görüyoruz.

BU DERSTE

- ✓ Yer örnekleme mesafesini (GSD) formülle hesaplayacaksınız.
- ✓ Ön ve yan bindirmenin neden gerekli olduğunu açıklayacaksınız.
- ✓ Fotoğraflardan ortomozaik ve indeks haritasına giden adımları sıralayacaksınız.
- ✓ Bir tarla için yükseklik, hız ve bindirme arasında denge kuracaksınız.

Yer örnekleme mesafesi (GSD)

GSD, görüntüdeki bir pikselin yerde kaç santimetreye karşılık geldiğidir. GSD 2 cm ise her piksel yerde 2 cm x 2 cm'lik bir alanı gösterir. Değer küçüldükçe ayrıntı artar. Fotogrametri yazılımı üreticisi Pix4D'nin kullandığı ilişkiden şu formül çıkar:

Formül $GSD (cm/piksel) = (algılayıcı \text{ genişliği } [mm] \times uçuş \text{ yüksekliği } [m] \times 100) / (odak \text{ uzaklığı } [mm] \times görüntü \text{ genişliği } [piksel])$

Örnek: 17,3 mm genişliğinde algılayıcı, 12,2 mm odak uzaklığı ve 5280 piksel genişlikte görüntü veren bir kamerayla 60 metreden uçulursa $GSD = (17,3 \times 60 \times 100) / (12,2 \times 5280) \approx 1,61 \text{ cm}$ olur. Bu değer, üreticinin kendi gözlem dronunun RGB kamerası için verdiği "GSD = yükseklik / 37,2" kuralıyla örtüşür. Formülde yükseklik pay kısmında olduğu için **yükseklik iki katına çıkarsa GSD de iki katına çıkar.**



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



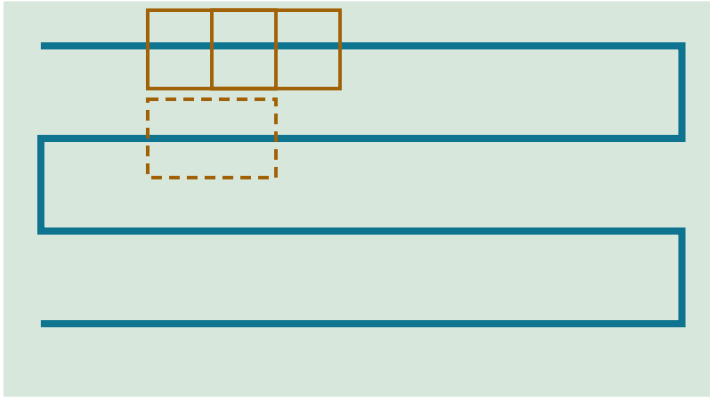
Yüksek uçmak daha az hat ve daha kısa uçuş demektir, ama ayrıntı kaybolur. İspanya'da zeytin bahçelerinde yapılan bir çalışmada 50 metreden alınan görüntüler, 100 metredekilere göre ağaç ölçümlerinde yaklaşık %10-20 daha doğru sonuç vermiştir. Buna karşılık 50 metrelik görüntülerin işlenmesi yaklaşık dört kat uzun sürmüştür.

Bindirme ve hat aralığı

Harita yazılımı, komşu fotoğraflardaki ortak noktaları eşleştirerek görüntüleri birleştirir. Bunun için her nokta birden fazla fotoğrafta görünmelidir. Uçuş yönündeki ortaklığa **ön bindirme**, yan yana hatlar arasındakine **yan bindirme** denir. Pix4D genel durumda en az %75 ön ve %60 yan bindirme önerir. Düz arazideki tarla bitkilerinde bu oranı en az %80 ön ve %80 yan bindirmeye, sık bitki örtüsünde ise en az %85'e çıkarmayı önerir. Nedeni basittir: birbirine benzeyen yapraklar arasında ortak nokta bulmak zordur.

Hatlar arasındaki mesafe iki adımda bulunur. Önce bir fotoğrafın yerde kapladığı genişlik hesaplanır: $\text{algılayıcı genişliği} \times \text{yükseklik} / \text{odak uzaklığı}$. Sonra bu genişlik $(1 - \text{yan bindirme})$ ile çarpılır.

Yukarıdaki kamerayla 60 metrede fotoğraf genişliği yaklaşık 85 m'dir. %80 yan bindirmede hat aralığı 17 m olur.



Uçuş hattı

Fotoğraf izi

Ön bindirme:
aynı hatta

Yan bindirme:
komşu hatla

Otomatik rota tarlayı gidiş-dönüş hatlarıyla tarar. Fotoğraf izleri hem aynı hat üzerinde hem komşu hatla örtüşür.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Çevrimiçi etkinlik

Haritalama uçuşu planlayıcısı

Larissa'da 500 m × 600 m'lik (30 ha) bir pamuk parselini tek bataryayla haritalamak istiyorsunuz. Kamera: 17,3 mm genişlikte algılayıcı, 12,2 mm odak uzaklığı, 5280 × 3956 piksel. Yükseklik, hız ve bindirme ayarlarıyla dört hedefi aynı anda sağlayın. Uçuş süresine dönüşler dahil değildir.

Bu etkinlik akademide etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

Fotoğraftan haritaya

1

Eşleştirme

Yazılım her fotoğrafta belirgin noktalar bulur ve komşu fotoğraflarla eşleştirir.

2

Nokta bulutu ve yüzey modeli

Eşleşen noktalardan üç boyutlu bir nokta bulutu, oradan da sayısal yüzey modeli (bitki ve bina yüksekliği dahil) üretilir.

3

Ortomosaik

Fotoğraflar, yükseklik farklarından kaynaklanan bozulmalar düzeltilerek tek bir ölçekli haritada birleştirilir.

4

İndeks haritası

Çok bantlı görüntülerden NDVI gibi göstergeler piksel piksel hesaplanır.

5

Yer kontrolü

Haritadaki farklı bölgeler tarlada gezilerek doğrulanır; karar bundan sonra verilir.

Konum doğruluğu için ya RTK'lı bir drone kullanılır ya da tarlaya koordinatı ölçülmüş yer kontrol noktaları konur. Çok bantlı ölçümde ışık koşulu da önemlidir. Bir üretici, güneş ışığı algılayıcısının



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



kapatılmaması gerektiğini, aksi hâlde NDVI üretilmeyeceğini belirtir ve iyi ışıktaki güneş açısı 30 derecenin altına düşmeden uçuşmasını önerir.

Düşük NDVI bir teşhis değildir NDVI'nın düşük olması bitkinin daha az yeşil ve daha seyrek olduğunu gösterir. Nedeni su eksikliği, besin eksikliği, hastalık, zararlı ya da sadece geç çimlenme olabilir. Harita nereye bakılacağını söyler; ne yapılacağına yer kontrolünden sonra karar verilir.



Larissa'dan örnek

Hesaplayıcıdaki senaryo, Teselya ovasında 500 m × 600 m'lik (30 hektar) düz bir pamuk parselidir. Pix4D'nin tarla bitkileri için önerdiği %80 bindirmeyle ayrıntılı bir harita, tek bataryada ancak yükseklik ve hızın doğru ayarlanmasıyla çıkarılabilir.



Kozan'dan örnek

Portakal bahçesinde amaç ağaç yüksekliği ve taç hacmi ise sık bitki örtüsü önerisi geçerlidir: en az %85 bindirme. Ağaçların arasındaki gölgeli boşluklar eşleştirmeyi zorlaştırdığı için pamuk tarlasına göre daha sık fotoğraf gerekir.

GSD	Yer örnekleme mesafesi: bir pikselin yerde karşılık geldiği uzunluk (cm/piksel).
Ön bindirme	Aynı hat üzerindeki art arda iki fotoğrafın ortak alanı.
Yan bindirme	Komşu iki hattın fotoğrafları arasındaki ortak alan.
Ortomozaik	Fotoğrafların bozulmaları düzeltilerek birleştirildiği, ölçekli tek harita.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Sayısal yüzey modeli	Bitki ve yapılar dahil yüzeyin yükseklik haritası.
Yer kontrol noktası	Koordinatı yerde ölçölüp haritayı doğru konuma oturtmak için kullanılan işaret.

Özetle

Uçuş planı üç ayarla başlar: yükseklik, hız ve bindirme. Yükseklik GSD'yi, yan bindirme hat sayısını, hız ise uçuş süresini ve fotoğraf aralığını belirler. Fotoğraflar eşleştirilip ortomozaik ve indeks haritasına dönüştürülür. Harita bir karar değil, bir yol göstericidir; son söz yer kontrolünüdür.

1. Pix4D. **Computing the flight height for a given GSD.**
2. Pix4D. **Selecting the image acquisition plan type.**
3. DJI. **Mavic 3M sık sorulan sorular (GSD ve güneş ışığı algılayıcısı).**
4. Torres-Sánchez, J. ve diğerleri (2015). **High-Throughput 3-D Monitoring of Agricultural-Tree Plantations with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology.** PLoS ONE, 10(6).
5. NASA Earth Observatory. **Measuring Vegetation (NDVI and EVI).**



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 5

Güvenli uçuş kuralları ve uçuş simülasyonu

11 dk

Tarımsal drone kazalarının çoğu uçuştan önce önlenabilir: unutulmuş bir pervane kontrolü, yanlış okunan bir rüzgâr tahmini ya da fark edilmeyen bir elektrik hattı. Bu derste güvenli bir uçuşun adımlarını, rüzgârın ilaçlamaya etkisini ve acil durumlarda yapılacakları ele alıyoruz. Modülün son bölümündeki simülasyon oturumları bu kurallar üzerine kuruludur.

BU DERSTE

- ✓ Uçuş öncesi, uçuş sırası ve uçuş sonrası kontrolleri doğru sırayla uygulayacaksınız.
- ✓ Rüzgâr hızı, uçuş yüksekliği ve sürüklenme arasındaki ilişkiyi açıklayacaksınız.
- ✓ Batarya rezervi ve eve dönüş kararını gerekçesiyle vereceksiniz.
- ✓ Olası acil durumlarda ilk yapılacakları tanıyacaksınız.

Uçuştan önce

Hazırlık bir gün önce başlar. Hava tahmini incelenir ve uçuş bölgesinin durumu kontrol edilir. Türkiye'de Temmuz 2026'da yenilenen İHA talimatı, uçuş bölgelerini İHA takip ve trafik yönetim sistemi (İHATTYS) haritasında yeşil, turuncu ve kırmızı olarak gösterir. İlaçlama yapılacaksa Tarım ve Orman Bakanlığı'nın Aralık 2025 tarihli yönetmeliği uygulayıcıdan, arı ölümünü önlemek için arıcıları ve muhtarlığı önceden bilgilendirmesini ister.

Sahada önce alan yürünür. Elektrik hatları, direkler, ağaçlar, binalar ve çevredeki insanlar belirlenir. Bu adım önemlidir, çünkü üreticinin kılavuzu radar ve kameraların ince elektrik hatlarını ve küçük engelleri algılayamayabileceğini açıkça yazar. Ardından pervaneler, gövde, memeler ve tank bağlantıları kontrol edilir. Batarya takılır, uydu sinyalinin yeterli olduğu beklenir ve eve dönüş noktası kaydedilir.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Çevrimiçi etkinlik

Güvenli uçuşun sırası

Bir ilaçlama gününün adımlarını baştan sona doğru sıraya dizin.

Bu etkinlik akademide etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

Rüzgâr, yükseklik ve sürüklenme

Sürüklenme, püskürtülen damlacıkların hedef alanın dışına taşınmasıdır. Komşu parselde, su kanalına ya da eve ulaşan ilaç hem çevreye hem insana zarar verir. Sürüklenmeyi en çok rüzgâr, uçuş yüksekliği ve damlacık boyutu etkiler.

6 m/s

Örnek bir ilaçlama dronunun
genel rüzgâr sınırı

3 m/s

Sürüklenmeye yatkın ürünler
için önerilen üst sınır

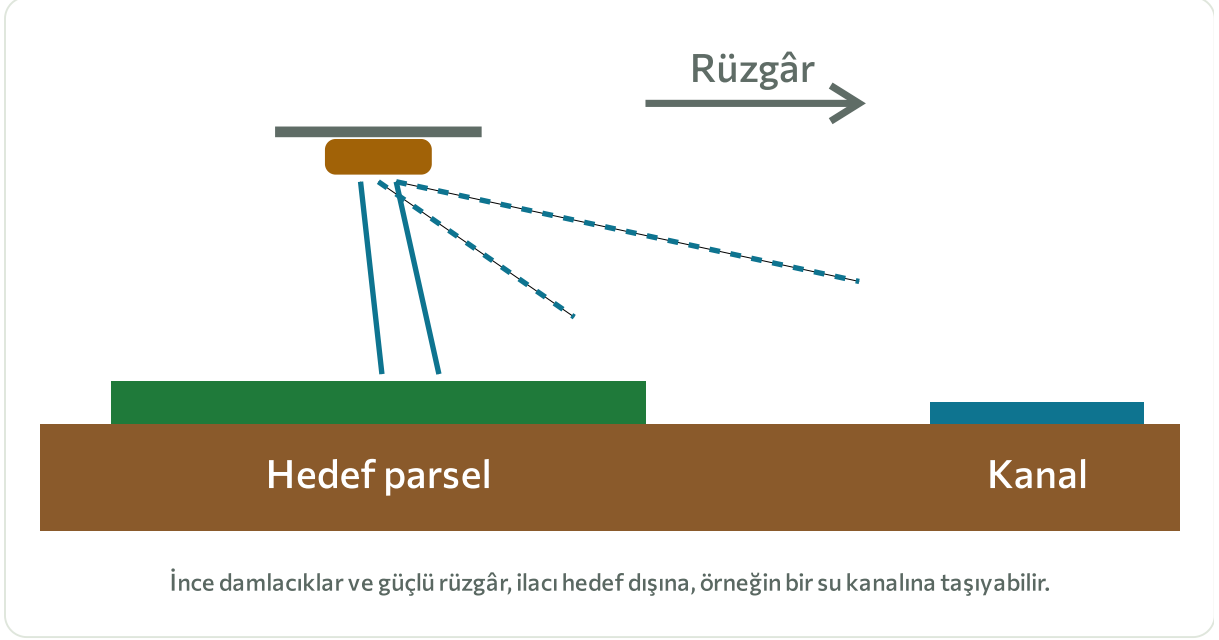
1,3-3,1 m/s

Kansas Eyalet Üniversitesi'nin
çoğu uygulama için uygun
bulduğu aralık

OECD'nin 2021 derlemesinde aktarılan bir çalışmada drone 2,5 m yükseklikte uçarken püskürtülen sıvının %90'ı, 1,8 m/s rüzgârda 3,7 m içinde, 4,7 m/s rüzgârda ise 10 m içinde yere inmiştir. Drone 3,5 m'ye çıkınca ve rüzgâr 3,7 m/s olunca bu mesafe 46,5 m'ye uzamıştır. Derleme genel sonucu şöyle özetler: yükseklik arttıkça sürüklenme artar. Bu yüzden ilaçlama dronları bitki yüzeyine yakın, genellikle 1,5-3 m üstte çalışır. Kansas Eyalet Üniversitesi de bitki örtüsünün 8-12 fit (yaklaşık 2,4-3,7 m) üzerinde uçmayı ve 15-29 °C sıcaklığı uygun bulur.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Batarya rezervi ve eve dönüş

Üretici kılavuzu bataryanın zarar görmemesi için yüzde 15'in altında uçulmamasını ister. Drone, ayarlanan düşük batarya eşikğine gelince eve kendiliğinden döner; kritik seviyede ise bulunduğu yere iner. Bu eşik, kalkış noktasının uzaklığı ve rüzgâr dikkate alınarak ayarlanmalıdır. Karşıdan esen rüzgâr dönüş yolunda daha fazla enerji harcatır. Bu modüldeki simülasyonlarda, dönüş ve iniş payı bırakmak için rezerv sınırını **%25** olarak kullanıyoruz. Bu bir eğitim kuralıdır; gerçek uçuşta kendi aracınızın kılavuzuna uyun.

Acil durumlar

Engel alarmı



Drone engel algıladığında yavaşlar ve askıda kalır. Pilot aracı engelden uzaklaştıran yöne kumanda eder. Engel algılama otomatik inişte kapalıdır.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Alana biri girdi



Püskürtme hemen durdurulur, drone güvenli bir yükseklikte bekletilir. Kişi alandan çıkmadan uygulamaya devam edilmez.

Rüzgâr sınırı aştı



Püskürtme durdurulur ve görev kaydedilir. Rüzgâr düşünce görev kaldığı noktadan sürdürülür.

Batarya beklenenden hızlı düşüyor



Görev bırakılıp eve dönülür. Kalan alan bir sonraki bataryayla tamamlanır.

Çevrimiçi etkinlik

Dönüş kararı

Bu etkinlik akademiye etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

Neden önce simülasyon?

Gerçek bir ilaçlama dronu ilaçlama sırasında 92 kilograma kadar çıkabilen bir kalkış ağırlığına sahiptir ve yanlış bir kumanda insanlara, hayvanlara ya da ürüne zarar verebilir. Simülasyonda ise hata yapmak güvenlidir. Rüzgâr sınırını aşmanın, rezervi kaçırmanın ya da hattın yanından geçmenin sonucunu risk almadan görürsünüz. Ancak simülasyon, yetkili kuruluştan alınacak uygulamalı eğitimin ve pilot lisansının yerini tutmaz.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Uçuştan sonra

İniş sonrası tank ve memeler temizlenir, kalan ilaç etiketine uygun biçimde saklanır ya da bertaraf edilir. Uygulama kayıt altına alınır: tarih, parsel, ürün, doz, hava koşulu ve uygulayıcı. Bakanlık yönetmeliği bitki koruma ürünü uygulamalarının kaydedilmesini zorunlu tutar.



Kozan'dan örnek

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün uzun yıllar verisine göre Adana'da temmuzda ortalama en yüksek sıcaklık 33,9 °C'dir. Kansas Eyalet Üniversitesi'nin uygun bulduğu 15-29 °C aralığı düşünüldüğünde, bir portakal bahçesinde ilaçlama için sabahın serin saatleri daha uygundur. Rüzgâr ölçümü uçuştan hemen önce sahada yapılmalıdır.



Larissa'dan örnek

Bir sonraki derste ayrıntısını göreceğimiz gibi Yunanistan'da hava yoluyla ilaçlama kuralı olarak yasaktır; drone ile ilaçlamanın durumu ise yetkili makamdan teyit edilmelidir. Bu yüzden bu örnekte Larissa'daki pilotun kontrol listesi gözlem uçuşu içindir. AB kuralına göre açık kategorideki bir uçuş 120 metreyi aşmaz ve drone'dan hiçbir madde bırakılmaz. A3 alt kategorisinde yerleşim, ticaret, sanayi ve dinlenme alanlarına en az 150 metre uzaklık korunur.

Özetle

Güvenli uçuş bir sıra izler: planlama, bildirim, saha keşfi, ekipman kontrolü, kalkış, dikkatli görev ve kayıt. Rüzgâr ve yükseklik arttıkça sürüklenme artar; ilaçlama düşük yükseklikte ve sakin havada yapılır. Batarya rezervine ulaşıldığında görev bırakılır. Simülasyon oturumlarında bu kuralların her biri puanınızı etkileyecek.

1. DJI (2023). **Agras T50/T25 User Manual v1.0.**
2. OECD (2021). **Report on the State of the Knowledge: Literature Review on Unmanned Aerial Spray Systems in Agriculture.**
3. Joshi, D. ve diğerleri (2026). **Spray Drones: Benefits and Management Considerations.** Kansas State University Agronomy eUpdate.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



4. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2025). **Bitki Koruma Ürünlerinin Uygulanması ve Denetimine İlişkin Yönetmelik**.
Resmî Gazete, 13.12.2025, sayı 33106.
5. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. **Adana il istatistikleri (1929-2025)**.





Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 6

Yasal çerçeve: Türkiye, AB ve Yunanistan

13 dk

Tarımsal drone kullanımında iki ayrı kural dizisi vardır: havacılık kuralları (kim, nerede, nasıl uçabilir) ve bitki koruma kuralları (ilaç havadan nasıl uygulanabilir). Türkiye ile Yunanistan bu konuda belirgin biçimde ayrışır. Bu dersteki bilgiler **24 Eylül 2026** itibarıyla resmi metinlerden derlenmiştir. Mevzuat sık değiştiği için bir uçuş ya da uygulama planlamadan önce mutlaka güncel resmi kaynağa bakın.

BU DERSTE

- ✓ Türkiye'de İHA uçuşunu düzenleyen SHGM talimatının temel hükümlerini tanıyacaksınız.
- ✓ Tarım ve Orman Bakanlığı'nın drone ile ilaçlama koşullarını sıralayacaksınız.
- ✓ AB'nin açık ve özel kategori ayrımını ve hava yoluyla ilaçlama yasağını açıklayacaksınız.
- ✓ Aynı işin Kozan'da ve Larissa'da neden farklı değerlendirildiğini karşılaştıracaksınız.

Türkiye: iki kurum, iki izin

Uçuş kuralları: SHGM talimatı

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), yeniden hazırlanan İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı'nın (SHT-İHA) onaylanarak yürürlüğe girdiğini **30 Temmuz 2026**'da duyurdu. Yeni talimat 2016 tarihli eski talimatın yerini aldı. Başlıca hükümler şunlardır:

KONU	2026 TALİMATINDAKİ HÜKÜM
Araç sınıfları	M0: 500 g-4 kg · M1: 4-25 kg · M2: 25-150 kg · M3: 150 kg ve üzeri (azami kalkış kütlesi)
Kayıt	Basit İHA (oyuncak) dışındaki tüm kullanıcılar İHATTYS üzerinden kayıt olur. Kullanımdaki araçlar için son tarih 31.07.2027.
Pilot lisansı	Aracın sınıfından ve ağırlığından bağımsız: P0 amatör, P1 ticari, P2 en kapsamlı düzey



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



KONU	2026 TALİMATINDAKİ HÜKÜM
Uçuş zarfı (PO, P1)	Görüş hattı içinde, en fazla 120 m yükseklik ve 3.000 m uzaklık
Uçuş bölgeleri	İHATTYS haritasında yeşil, turuncu ve kırmızı bölgeler

Görüş hattı içindeki ticari uçuşlar için en az P1 lisansı gerekir. Görüş hattı dışı uçuşlar, otonom operasyonlar ve tehlikeli madde taşımacılığı gibi yüksek riskli işler P2 kapsamındadır. Zira ilaçlamanın hangi düzeye girdiğini SHGM'den teyit edin. Örneğin 92 kg azami kalkış ağırlığındaki bir ilaçlama dronu M2 sınıfına, yaklaşık 1 kg'lık bir gözlem dronu M0 sınıfına girer. Talimat, kullanıcılara yeni kurallara uyum için 31.07.2027'ye kadar süre tanır; İHATTYS devreye girene kadar ise eski düzenin kayıt ve izin işlemleri uygulanır. Yeni talimat metninde sigortaya ilişkin bir hüküm yer almıyor. Sigorta yükümlülüğünü güncel SHGM duyurularından ve sigortacınızdan teyit edin.

İlaçlama kuralları: Tarım ve Orman Bakanlığı

Bakanlığın 13 Aralık 2025'te Resmî Gazete'de yayımlanan Bitki Koruma Ürünlerinin Uygulanması ve Denetimine İlişkin Yönetmeliği, drone ile ilaçlamayı ayrıca düzenler:

- 1 Ruhsat**
İlaçlama ünitesi olan İHA'nın Bakanlıkça ruhsatlandırılmış olması zorunludur.
- 2 Uçuş izni**
SHGM mevzuatına göre uçuş şartları ve izinleri ayrıca alınır.
- 3 İki kişilik ekip**
Uygulamayı İHA pilot lisansı olan kişi ve profesyonel bitki koruma ürünü uygulayıcısı birlikte yapar.
- 4 Sınırlı kapsam**



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Hangi üründe, hangi zararlıya karşı ve hangi parametrelerle (meme, doz, hız, yükseklik) kullanılacağını Bakanlık belirler. Bunun dışında kullanılamaz.

5

Hassas bölgeler

Uygulayıcı aracıları ve muhtarlığı önceden bilgilendirir. Su kaynakları yakınında düşük sürüklenme sağlayan ekipman ve teknik kullanılır.

Yönetmelik yayımından 30 gün sonra yürürlüğe girmiştir; pilot uygulama yapılmayan illerde 1 Temmuz 2026'ya kadar uygulanmamıştır. Bakanlığın ayrıca drone ile bitki koruma uygulamalarına ilişkin bir yönergesi vardır. Hangi ürün ve zararlılar için izin verildiğini il ya da ilçe tarım ve orman müdürlüğünden öğrenin.

AB ve Yunanistan

Havacılık: açık ve özel kategori

AB'de drone uçuşlarını 2019/947 sayılı Uygulama Tüzüğü düzenler. Bir uçuşun "açık" kategoride sayılması için drone'un azami kalkış kütlesi 25 kg'ın altında olmalı, görüş hattında ve yerden en fazla 120 m yükseklikte uçmalı, tehlikeli madde taşımamalı ve **hiçbir madde bırakmamalıdır**. Bu koşullardan biri sağlanmazsa uçuş "özel" kategoriye girer ve ulusal otoriteden işletme izni gerekir. İlaçlama sıvı bıraktığı için açık kategoriye girmez.

Bitki koruma: hava yoluyla ilaçlama yasağı

Pestisitlerin sürdürülebilir kullanımına ilişkin 2009/128/AT sayılı Direktif'in 9. maddesi açıktır: üye devletler hava yoluyla ilaçlamanın yasaklanmasını sağlar. İstisna yalnız özel durumlarda ve şu koşulların hepsi sağlanırsa verilebilir: uygulanabilir başka bir yöntem yoksa ya da yerden uygulamaya göre insan sağlığı ve çevre açısından açık bir üstünlük varsa; ürün havadan uygulama için ayrıca onaylanmışsa; uygulayıcı sertifikalıysa; ilaçlamayı yapan işletme sertifikalıysa; alan yerleşim yerlerine yakın değilse (halka açık alanlara yakınsa izne ayrıca özel önlemler eklenir); sürüklenmeyi azaltan en iyi teknoloji kullanılıyorsa. Uygulayıcı, uygulama planını yetkili makamın onayına sunar ve yakındaki sakinler önceden uyarılır. Direktif hava yoluyla ilaçlamayı uçak ya da helikopterle yapılan uygulama olarak tanımlar (madde 3); drone'lardan açıkça söz etmez. Drone'ları da havadan uygulama sayan 2022 tarihli tüzük önerisi ise Mart 2024'te geri çekildi. Komisyon Aralık 2025'te bu direktifte değişiklik de



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



içeren bir sadeleştirme paketi önerdi. Avrupa Parlamentosu kayıtlarına göre öneri Eylül 2026'da hâlâ komite aşamasındadır; yani yasalaşmamıştır.

Yunanistan direktifi 4036/2012 sayılı Yasa ile iç hukukuna aktardı. Yasanın 23. maddesi "Yunanistan'da hava yoluyla ilaçlama yasaktır" der ve istisna koşullarını direktifle aynı biçimde sayar. Drone'lar için bilinen bir yorum örneği şudur: İmathia bölgesel biriminin tarım müdürlüğü Eylül 2024'te drone ile bitki koruma ürünü uygulamanın bu yasaya göre yasak olduğunu, tek istisnanın sivrisinekle mücadele gibi halk sağlığı uygulamaları olduğunu ve aykırılığa 300 ile 5.000 avro arasında para cezası öngörüldüğünü duyurdu. Bu bir bölgesel duyurudur; ulusal düzeydeki güncel uygulama değişebilir. Yunanistan'da drone ile ilaçlama düşünülüyorsa önce Kırsal Kalkınma ve Gıda Bakanlığı'nın (ΥΠΑΑΤ) bitki koruma birimine ya da bölgesel tarım müdürlüğüne danışılmalıdır.

Çevrimiçi etkinlik

Kural nerede geçerli?

Her kuralı, 24 Eylül 2026 itibarıyla geçerli olduğu yere yerleştirin.

Bu etkinlik akademiye etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>



Kozan'dan örnek

Kozan'da bir portakal üreticisi drone ile ilaçlama hizmeti almak istiyor. Hizmet verecek ekip Bakanlıkça ruhsatlı bir İHA, lisanslı bir pilot ve profesyonel bir uygulayıcıyla gelmelidir. Uygulama, Bakanlığın izin verdiği ürün ve zararlı kapsamında olmalı, arıcılar ve muhtarlık önceden bilgilendirilmelidir. Uçuş izni ve kayıt da ayrıca tamamlanır.



Larissa'dan örnek

Aynı hizmeti Larissa'daki bir pamuk tarlasında almak çok daha zordur: Yunan yasası hava yoluyla ilaçlamayı kural olarak yasaklar, istisna için yukarıdaki koşulların hepsi gerekir ve en az bir bölgesel birim bu yasağın drone'ları da kapsadığını duyurmuştur. Kesin durumu yetkili makamdan öğrenmeden plan yapılmamalıdır. Drone ise gözlem ve haritalama için



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



kullanılabilir. Çok bantlı haritadan hazırlanan uygulama haritası, yerden çalışan bir pülverizatörle uygulanabilir.

Bu ders hukuki danışmanlık değildir Buradaki bilgiler resmi metinlerin özetidir ve belirtilen tarih itibarıyla geçerlidir. Uygulamadan önce SHGM, Tarım ve Orman Bakanlığı il ve ilçe müdürlükleri ya da Yunanistan'da ilgili bölgesel tarım müdürlüğü ile teyit edin.

Özetle

Türkiye'de drone ile ilaçlama, SHGM'nin uçuş kurallarına ve Tarım ve Orman Bakanlığı'nın ilaçlama kurallarına birlikte uymayı gerektirir: ruhsatlı araç, lisanslı pilot, profesyonel uygulayıcı ve izinli kapsam. AB'de ilaçlama dronu açık kategoriye girmez; 2009/128/AT hava yoluyla ilaçlamayı kural olarak yasaklar ve istisnayı sıkı koşulların hepsine bağlar. Yunanistan bu yasağı ulusal yasasıyla aktarmıştır; drone'lara nasıl uygulandığını uygulamadan önce yetkili makamdan teyit edin. Gözlem ve haritalama uçuşları ise her iki ülkede de uygun kategori ve kayıtla yapılabilir.

1. SHGM (2026). **İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA)** ve yayım duyurusu (30.07.2026).
2. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2025). **Bitki Koruma Ürünlerinin Uygulanması ve Denetimine İlişkin Yönetmelik**. Resmî Gazete, 13.12.2025, sayı 33106.
3. Avrupa Birliği (2019). **Uygulama Tüzüğü (AB) 2019/947**.
4. Avrupa Birliği (2009). **Direktif 2009/128/AT, madde 9; değişiklik önerisinin durumu: Avrupa Parlamentosu, 2025/0409(COD)**.
5. Avrupa Komisyonu. **Sustainable use of pesticides** (tüzük önerisinin geri çekilmesi); öneri metni: **COM(2022) 305**.
6. Yunanistan (2012). **Yasa 4036/2012, madde 23; drone'lara uygulanışı: İmathia Bölgesel Birimi tarım müdürlüğü duyurusu (2024)**.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 7

Artırılmış gerçekliğin temelleri

11 dk

Telefon kamerasıyla masaya baktığınızda ekranda masanın üzerinde küçük bir tarla ve o tarlanın üzerinde uçan bir drone görüyorsunuz. Masa gerçek, tarla ve drone sanaldır. Bu, artırılmış gerçekliğin (AR) en basit tanımıdır. Bu derste AR'ın ne olduğunu, sanal gerçeklikten farkını ve bir telefonun gerçek bir yüzeyi nasıl "anladığını" inceliyoruz.

BU DERSTE

- ✓ AR, VR ve karma gerçeklik (MR) arasındaki farkı açıklayacaksınız.
- ✓ Bir AR uygulamasının hareket izleme, yüzey algılama ve çapa adımlarını sıralayacaksınız.
- ✓ İşaretleyicili ve işaretleyicisiz AR'ı ayırt edeceksiniz.
- ✓ Tarayıcıda çalışan AR'ın (WebXR) hangi cihazlarda kullanılabildiğini öğreneceksiniz.

Gerçeklikten sanallığa bir çizgi

1994'te yayımlanan ve bu alanda sık başvurulanan bir makalede "sanallık sürekliliği" adlı bir model tanımlanır. Çizginin bir ucunda tamamen gerçek ortam, öbür ucunda tamamen sanal ortam vardır. Aradaki her şeye **karma gerçeklik (MR)** denir. **Artırılmış gerçeklik (AR)**, gerçek ortamın sanal nesnelerle zenginleştirildiği durumdur. Tersine, yani sanal bir ortama gerçek öğelerin eklenmesi, artırılmış sanallıktır. **Sanal gerçeklik (VR)** ise kullanıcıyı tamamen bilgisayarda üretilmiş bir ortama alır.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Telefon yüzeyi nasıl anlar?

Google'ın AR platformu ARCore'un belgeleri bu süreci üç kavramla anlatır. **Hareket izleme:** telefon, kamera görüntüsündeki belirgin noktaları (öznitelik noktaları) ve hareket algılayıcılarının verisini birleştirerek kendi konumunu ve yönünü hesaplar. Bu yöntemle eşzamanlı konum belirleme ve haritalama (SLAM) denir. **Ortamı anlama:** aynı düzlemde duran öznitelik noktaları kümeleri bulunur ve masa ya da zemin gibi yatay yüzeyler, duvar gibi dikey yüzeyler uygulamaya düzlem olarak verilir. **Çapa:** telefon ortamı daha iyi tanıdıkça hesapları güncellenir. Sanal nesnenin yerinde kalması için bir çapaya bağlanması gerekir.

Çevrimiçi etkinlik

Telefon sanal tarlayı masaya nasıl koyar?

Bu etkinlik akademide etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

İşaretleyicili ve işaretleyicisiz AR

Tarımda AR uygulamalarını inceleyen bir derleme iki yaklaşımı ayırır. **İşaretleyicili AR** bir QR kodu ya da basılı desenle başlar; kod görüldüğünde içerik o noktada açılır. Sera ya da ahır gibi hareketin az olduğu yerlerde iyi çalışır; örneğin bir hayvanın kulak küpesindeki ya da bir makinenin üzerindeki kod okutulunca kayıt açılır. Ama bu yöntem kullanıcıyı kodun bulunduğu yere bağlar. **İşaretleyicisiz AR** ise



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



kod gerektirmez; kullanıcı ekrana dokunarak içeriği istediği yüzeye yerleştirir ya da konum GPS ile belirlenir. Daha esnektir, ama sanal nesneyi gerçek dünyaya oturtmak daha zordur. Bu modüldeki drone simülasyonu işletleyicisiz çalışır.

Tarayıcıda AR: WebXR

Uygulama indirmeden, tarayıcıda AR deneyimi W3C'nin WebXR standartlarıyla mümkündür. WebXR Artırılmış Gerçeklik Modülü, **immersive-ar** adlı oturum türünü tanımlar: içerik cihaz ekranının tamamını kullanır ve gerçek ortamla birleştirilir. WebXR İsabet Testi (hit test) Modülü ise cihazdan gerçek ortama bir ışın gönderir ve bu ışının fiziksel bir yüzeyle kesiştiği noktayı bildirir. Sanal tarla bu noktaya, yüzeyle hizalı biçimde yerleştirilir. AR Modülü, sanal içeriğin gerçek görüntüyle nasıl birleşeceğini de tanımlar: telefon gibi kamera görüntüsünü ekrana veren cihazlarda içerik bu görüntünün üzerine bindirilir, saydam camlı gözlüklerde ise görülen ışığa eklenir. Her iki belge de 2026 itibarıyla taslak aşamasındadır.

Hangi cihazda çalışır? caniuse.com'un Ağustos 2026 verisine göre WebXR, Android için Chrome'da ve Samsung Internet'te kısmen desteklenir. iPhone'daki Safari'de desteklenmez. Android tarafında cihazın ARCore sertifikalı olması gerekir. AR kipini açamayan cihazlarda simülasyon 3B ya da 2B kipte aynı görevle çalışır.



Kozan'dan örnek senaryo

Bir eğitim salonunda katılımcılar telefonlarını masaya tutar ve masanın üzerine sanal bir portakal bahçesi yerleştirir. Bahçenin kenarındaki elektrik hattını ve sulama kanalını her açıdan görerek ilaçlama rotasını tartışırlar. Gerçek bahçeye gitmeden önce engellerin nerede olduğu konuşulmuş olur.



Larissa'dan örnek senaryo



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Bir kooperatif toplantısında pamuk tarlasının drone haritası masaya üç boyutlu olarak yerleştirilir. Üyeler düşük gelişim gösteren bölgeleri parmakla gösterip yer kontrolüne kimin gideceğini planlar.

Çevrimiçi etkinlik

AR açılmıyor

Bu etkinlik akademide etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

Bu modülde AR ne işe yarar?

Drone simülasyonunun 2B kipi tarlayı kuşbakışı bir harita gibi gösterir. 3B kip aynı sahneyi ekranda döndürülebilir bir model olarak sunar. AR kipi ise sahneyi önünüzdeki yüzeye yerleştirir; tarlanın etrafında yürüyerek hattın ve ağaçların yüksekliğini kendi bakış açınızdan görürsünüz. Görev ve kurallar üç kipte de aynıdır, yalnız bakış biçimi değişir.

AR	Artırılmış gerçeklik: gerçek ortamın üzerine sanal nesne eklenmesi.
VR	Sanal gerçeklik: kullanıcının tamamen sanal bir ortama alınması.
SLAM	Eşzamanlı konum belirleme ve haritalama: cihazın ortamı haritalarken kendi yerini izlemesi.
Çapa	Sanal nesneyi gerçek dünyadaki bir noktaya sabitleyen referans.
İsabet testi	Cihazdan gönderilen ışının gerçek bir yüzeye kesiştiği noktanın bulunması.

Özetle

AR gerçek ortamın üzerine sanal nesneler ekler; VR kullanıcıyı tamamen sanal bir ortama alır. Telefon, kamera görüntüsündeki noktalar ve hareket algılayıcılarıyla konumunu izler, yüzeyleri bulur ve sanal nesneyi bir çapayla sabitler. Tarayıcıda bu iş WebXR ile yapılır, ancak destek her cihazda yoktur.



Avrupa Birliğı tarafından finanse
edilmektedir



1. Milgram, P. ve Kishino, F. (1994). **A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays**. IEICE Transactions on Information and Systems, E77-D(12), 1321-1329.
2. Google. **ARCore: Fundamental concepts**.
3. W3C (2025). **WebXR Augmented Reality Module, Level 1 ve WebXR Hit Test Module**.
4. caniuse.com. **WebXR Device API tarayıcı desteği**.
5. Hurst, W., Mendoza, F. R. ve Tekinerdogan, B. (2021). **Augmented Reality in Precision Farming: Concepts and Applications**. Smart Cities, 4(4), 1454-1468.





Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 8

AR ile uygulamalı öğrenme

11 dk

Bir drone'u güvenli uçuşu yalnız okuyarak öğrenmek zordur; bisiklete binmeyi kitaptan öğrenmeye benzer. Öte yandan pahalı bir aracı ilk denemede tarlada düşürmek de istemeyiz. Artırılmış gerçeklik ve simülasyon, bu ikisinin arasında güvenli bir alıştırma alanı açar. Bu derste AR'ın öğrenmeye etkisine dair kanıtları ve tarımdaki somut kullanımlarını inceliyoruz.

BU DERSTE

- ✓ AR'ın öğrenme üzerindeki etkisini meta-analiz bulgularıyla değerlendireceksiniz.
- ✓ Tarımda denenmiş AR uygulamalarını görev yerlerine göre eşleştireceksiniz.
- ✓ Drone verisi ile AR'ın birlikte nasıl kullanılabildiğini açıklayacaksınız.
- ✓ Sahada AR kullanırken dikkat edilecek sınırları sayacaksınız.

Kanıt ne diyor?

AR'ın öğrenmeye etkisi eğitim araştırmalarında çok çalışılmıştır. 2010-2018 arasında yayımlanmış 64 nicel çalışmayı (toplam 4.705 öğrenci) birleştiren bir meta-analiz, AR'ın öğrenme kazanımları üzerinde **orta düzeyde** bir etkisi olduğunu bulmuştur (etki büyüklüğü $d = 0,68$). Fen eğitimindeki 24 çalışmayı birleştiren başka bir meta-analizde de etki orta düzeydedir ($g = 0,60$).

64

Meta-analize giren çalışma
(2010-2018)

$d = 0,68$

AR'ın öğrenmeye ortalama
etkisi (orta düzey)

$g = 0,60$

Fen eğitimindeki 24 çalışmanın
ortalaması

Etki büyüklüğü, AR ile öğrenen grubun ortalamasının karşılaştırma grubundan ne kadar ayrıldığını standart sapma cinsinden gösterir. 0,2 küçük, 0,5 orta, 0,8 büyük etki olarak yorumlanır. Yani 0,68, AR kullanan grubun ortalama olarak belirgin biçimde daha iyi sonuç aldığı anlamına gelir.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Bu sayıları nasıl okumalı? Bu çalışmalar çoğunlukla okul ve üniversite öğrencileriyle yapılmıştır, tarım eğitime özgü değildir. Etki, etkinliğin nasıl tasarlandığına bağlıdır. AR tek başına öğretmez; açık bir görev, geri bildirim ve tekrar ile birlikte işe yarar.

Tarımda AR nerede kullanılıyor?

Hassas tarımda AR'ı inceleyen bir derleme, uygulamaları hayvancılık ve bitkisel üretim olarak iki alanda toplar ve AR'ın konum belirleme, algılayıcı ve veri tabanı gibi başka teknolojilerle birlikte işe yaradığını vurgular. Derlemede yer alan örneklerden bazıları şunlardır:

Makine gözetimi

İki otonom tarım makinesinin yönü ve arıza durumu, çiftçinin görüş alanına yansıtılır.

Hastalık tanıma

Hindistan'daki çiftçiler için geliştirilen bir telefon uygulaması prototipi, bitki hastalıklarını kamera görüntüsü üzerinde tanımaya yardım eder.

Hayvan kayıtları

Akıllı gözlükle hayvanın üzerindeki QR kodu okutulur; beslenme, sağım ve sağlık kaydı açılır.

Sürü takibi

GPS ve görüntü işleme birleştirilir, aranan hayvana ekranda oklarla yol gösterilir.

Derleme bir noktayı özellikle vurgular: sahada AR'ın işe yaraması konum doğruluğuna bağlıdır. Konum ya kameranın oluşturduğu yerel bir koordinat sistemiyle, ya GPS ile ya da ikisinin birleşimiyle belirlenir. Derleme ayrıca, yazıldığı tarihte tarımda AR üzerine yayınların hâlâ az olduğunu not eder.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Drone ve AR birlikte

Finlandiya'da yürütülen bir araştırmada, sürülmüş tarlanın drone görüntülerinden bir toprak haritası üretilmiş ve bu haritaya göre toprak örneği alınacak noktalar belirlenmiştir. Ardından giyilebilir bir AR gözlüğü, örnek alan kişiyi bu noktalara yönlendirmiştir. Tarla önceden yönetim bölgelerine ayrılmış, örnek noktaları bu bölgelere göre otomatik oluşturulmuştur. Burada drone "nereye bakmalı" sorusunu, AR ise "oraya nasıl giderim" sorusunu yanıtlar. Örnek alan kişi haritaya bakmak için durmadan, gözünü tarladan ayırmadan yürüyebilir.

Çevrimiçi etkinlik

AR uygulamasını yerine koyun

Her AR uygulamasını çiftlikte kullanılacağı yere sürükleyin.

Bu etkinlik akademiye etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

Öğrenme adımları

Bu modülün son bölümündeki simülasyon oturumları şu sırayı izler: önce kısa bir brifing ile kurallar hatırlanır, sonra görev simülasyonda denir, en sonda bir çıkış değerlendirmesiyle öğrenilen kontrol edilir. Hata yapmak serbesttir; her deneme puanınızı değil, en iyi sonucunuzu belirler.

1

Brifing

Görev, alan ve kurallar okunur.

2

Deneme

Görev 2B, 3B ya da AR kipinde uçuşur.

3

Geri bildirim

Kapsama, hedef dışı ilaçlama, batarya ve kural ihlalleri gösterilir.

4

Tekrar

Aynı görev daha iyi bir planla yeniden denir.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



AR'ı iyi kullanmak

- Açık, engelsiz bir yerde oturarak ya da yavaş hareketle kullanmak
- Kısa, hedefi belli görevler seçmek
- Her denemeden sonra geri bildirimi okumak

Kaçınılacaklar

- Yürürken ya da makine yanında ekrana bakmak
- Görüşü kapatan cihazla tarlada çalışmak
- Simülasyon puanını gerçek uçuş yetkinliği saymak

Derleme de sahada alginın önemli olduğu durumlarda bazı AR donanımlarının çiftçi için pratik olmayabileceğini not eder. Simülasyon, gerçek uçuş eğitiminin ve lisansın yerini tutmaz; onu hazırlar.



Kozan'dan örnek senaryo

Bir ilaçlama ekibine yeni katılan uygulayıcı, portakal bahçesine gitmeden önce AR kipinde bahçenin modelini masaya yerleştirir. Kanal kenarındaki uygulama yapılmayacak şeridi ve elektrik hattını görerek rotayı pilotla birlikte konuşur.



Larissa'dan örnek senaryo

Pamuk tarlasında drone haritası düşük gelişim gösteren üç bölge gösteriyor. Finlandiya'daki yönteme benzer biçimde, telefon ekranındaki AR işaretleri kişiyi bu bölgelerdeki örnek noktalarına götürür ve yer kontrolü hızlanır.

Özetle

Meta-analizler AR'ın öğrenmeye orta düzeyde katkı verdiğini gösterir, ancak etki iyi tasarlanmış görevlere bağlıdır. Tarımda AR; makine gözetimi, hastalık tanıma, hayvan kaydı ve drone haritasıyla toprak örnekleme gibi işlerde denenmiştir. Simülasyon ve AR güvenli bir alıştırma alanıdır, ama gerçek uçuş eğitiminin yerine geçmez.

1. Garzón, J. ve Acevedo, J. (2019). **Meta-analysis of the impact of Augmented Reality on students' learning gains.** Educational Research Review, 27, 244-260.



Avrupa Birliğı tarafından finanse
edilmektedir



2. Yılmaz, Z. A. ve Batdı, V. (2021). **Meta-Analysis of the Use of Augmented Reality Applications in Science Teaching.** Journal of Science Learning, 4(3), 267-274.
3. Hurst, W., Mendoza, F. R. ve Tekinerdogan, B. (2021). **Augmented Reality in Precision Farming: Concepts and Applications.** Smart Cities, 4(4), 1454-1468.
4. Huuskonen, J. ve Oksanen, T. (2018). **Soil sampling with drones and augmented reality in precision agriculture.** Computers and Electronics in Agriculture, 154, 25-35.





Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 9

Hassas tarımda drone kullanım senaryoları

12 dk

Önceki derslerde drone türlerini, algılayıcıları, uçuş planını ve kuralları ayrı ayrı ele aldık. Gerçek bir işletmede bunlar tek bir akışta birleşir. Bu derste iki tipik senaryoyu adım adım izliyoruz: Kozan'da bir portakal bahçesinde gözlem ve Larissa'da bir pamuk tarlasında haritalama. Sonunda kendi kararlarınızı vereceğiniz bir senaryo sizi bekliyor.

BU DERSTE

- ✓ "Gözle, doğrula, uygula, izle" döngüsünü bir senaryoya uygulayacaksınız.
- ✓ Bir meyve bahçesi ile bir tarla bitkisinde drone kullanımının farklarını açıklayacaksınız.
- ✓ Drone verisinden karar çıkarırken yer kontrolünün rolünü değerlendireceksiniz.
- ✓ Aynı teknolojinin iki ülkedeki mevzuata göre nasıl farklı kullanıldığını göreceksiniz.

Dört adımlı döngü

1

Gözle

Planlı bir uçuşla bütün alanın haritası çıkarılır.

2

Doğrula

Haritada farklı görünen bölgelere yerde bakılır, gerekirse yaprak ya da toprak örneği alınır.

3

Uygula

Nedene uygun işlem yalnız gereken bölgeye yapılır: sulama onarımı, gübre ya da bitki koruma.

4

izle



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Aynı rota birkaç hafta sonra tekrar uçulur ve iki harita karşılaştırılır.

Senaryo 1: Kozan'da portakal bahçesi

Meyve bahçesinde her ağaç ayrı bir birimdir. Bindirmeli fotoğraflardan ağaç sayısı, yüksekliği ve taç hacmi çıkarılabilir. İspanya'da zeytin bahçelerinde yapılan çalışmada drone'la ölçülen ağaç yüksekliği yer ölçümlerine 0,17-0,53 m farkla yaklaşmıştır. Aynı çalışmada taçların yere izdüşüm alanı da yüksek uyumla ($R^2 = 0,90-0,94$) ölçülmüştür. Çok bantlı ve termal görüntüler ise gelişimi geri kalan ya da suyu yetmeyen ağaçları gösterir.

İlaçlama gerekiyorsa ağacın taç yapısı önemlidir. Çin'in Zhejiang eyaletinde, boyu yaklaşık 2,6 m olan turuncgil ağaçlarında yapılan bir denemede iki ilaçlama dronu 3 m uçuş yüksekliğinde ve saniyede 3 m hızla kullanılmıştır. Hektara 120 litre uygulamada, 60 litreye göre taç orta-alt bölümündeki kaplama bir dronda %52,5 artmıştır. Araştırmacılar drone damlacıklarının taç katmanları arasında görece dengeli dağıldığını bildirmiştir. Türkiye'de ise bu tür bir uygulama yalnız Bakanlığın izin verdiği ürün ve zararlı kapsamında, ruhsatlı araç ve yetkili ekiple yapılabilir.

Senaryo 2: Larissa'da pamuk tarlası

Tarla bitkilerinde birim ağaç değil, bölgedir. Çok bantlı harita, parselin içinde gelişimi farklı olan bölgeleri gösterir. Bu bölgeler yerde doğrulandıktan sonra, gübre ya da bitki koruma uygulaması bölgelere göre ayarlanabilir. Yunanistan'da hava yoluyla ilaçlama kural olarak yasak olduğu ve drone ile uygulama için yetkili makamın görüşü gerektiği için bu senaryoda uygulama, haritadan hazırlanan bir reçeteye yerden çalışan makinelerle yapılır. Drone burada "gören" araçtır.

Uygulama haritası (reçete), her bölge için uygulanacak dozu gösteren bir dosyadır. Makine tarladaki konumuna göre dozu bu dosyadan okur ve ayarlar. Bunun için makinenin değişken oranlı uygulama yapabilmesi gerekir; aksi hâlde harita, bölgeleri ayrı ayrı işlemek için bir yol gösterici olarak kullanılır.

Drone afet sonrasında da işe yarar. Eylül 2023'teki Daniel fırtınasından sonra uydu radar görüntüleri, Teselya ovasındaki pamuk alanının %30,5'inin su altında kaldığını gösterdi. Uydu geniş ölçekli bir tablo verir. Parsel ölçeğinde hasar belgelemesi ve toparlanmanın izlenmesi için drone görüntüsü bu tabloyu tamamlayabilir.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



	KOZAN: PORTAKAL BAHÇESİ	LARISSA: PAMUK TARLASI
Birim	Tek tek ağaç	Parsel içindeki bölge
Önerilen bindirme	En az %85 (sık bitki örtüsü)	En az %80 (düz arazide tarla bitkisi)
Uygulama yolu	Koşullara uyulursa ilaçlama dronu ya da yerden makine	Yerden makine (havadan ilaçlama kural olarak yasak; drone için yetkili makama danışılır)
Tipik veri	Ağaç sayısı, taç hacmi, NDVI, yaprak sıcaklığı	NDVI bölgeleri, bitki boşlukları, hasar alanı

Yer kontrolü nasıl yapılır?

1

Noktaları seç

Haritadan sorunlu bölgeden birkaç nokta, karşılaştırma için de normal bölgeden bir nokta seçin ve konumlarını telefona alın.

2

Bak ve karşılaştır

Her noktada yaprağa, gövdeye, toprağa ve sulama hattına bakın; sorunlu ve normal noktayı yan yana değerlendirin.

3

Örnek al

Gerekirse yaprak ya da toprak örneğini etiketleyerek laboratuvara gönderin.

4

Kaydet

Fotoğraf, not ve konumu kaydedin; bir sonraki uçuşta aynı noktalara dönün.

Ne zaman uçulmalı? Bir üretici, çok bantlı görüntüleme için iyi ışık koşulu ve 30 derecenin üstünde güneş açısı önerir. Karşılaştırma yapılacaksa aynı



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



rota, aynı yükseklik ve benzer saatte uçmak sonuçları daha güvenilir
kılar.

Çevrimiçi etkinlik

Kozan'da sararan portakal ağaçları

Kurgusal bir senaryo. Kararlarınızın sonucunu adım adım göreceksiniz.

Bu etkinlik akademiye etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>



Kozan'dan örnek

Kozan portakalı menşe adıyla tescilli bir üründür; kalite ve ağaç sağlığı bu nedenle ayrı bir değer taşır. Bahçenin tamamına aynı işlemi uygulamak yerine sorunlu ağaçları bulup nedenini doğrulamak, hem girdi maliyetini hem de kalıntı riskini azaltmaya yardım eder.



Larissa'dan örnek

Teselya ovasında kışlık buğday, mısır, yonca ve pamuk yan yana yetişir. Aynı gözlem dronu farklı ürünlerde farklı zamanlarda kullanılabilir. Böylece bir kooperatifin tek bir aracı sezon boyunca birçok üyeye hizmet edebilir.

Özetle

Drone senaryoları dört adımlı bir döngüyle ilerler: gözle, doğrula, uygula, izle. Portakal bahçesinde birim ağaçtır; drone hem gözlem hem, kurallar izin veriyorsa, uygulama için kullanılabilir. Pamuk tarlasında birim bölgedir; Larissa'da drone gözlem aracıdır, uygulama yerden yapılır. Her iki durumda da karar haritadan değil, yer kontrolünden sonra verilir.

1. Yan, Y. ve diğerleri (2023). **Evaluation of the deposition and distribution of spray droplets in citrus orchards by plant protection drones**. Frontiers in Plant Science, 14.



Avrupa Birliğı tarafından finanse
edilmektedir



2. Torres-Sánchez, J. ve diğlerleri (2015). **High-Throughput 3-D Monitoring of Agricultural-Tree Plantations with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology**. PLoS ONE, 10(6).
3. He, K. ve diğlerleri (2024). **Storm Daniel flood impact in Greece in 2023: mapping crop and livestock exposure from synthetic-aperture radar**. Natural Hazards and Earth System Sciences, 24, 2375-2382.
4. DJI. **Mavic 3M sık sorulan sorular**.
5. Pix4D. **Selecting the image acquisition plan type**.





Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 10

Oturum 1: Uçuş öncesi kontrol ve serbest uçuş

15 dk

Özel oturumların ilki, drone'u tanıdığınız ve kumandaya alıştığınız serbest bir uçuştur. Puanlı bir ilaçlama ya da haritalama görevi yoktur; amaç güvenli kalkmak, engellerden uzak durmak, alanı dolaşmak ve rezerv sınırına gelmeden kalkış noktasına inmektir. Bu brifingi okuduktan sonra simülasyonu açın.

BU OTURUMDA

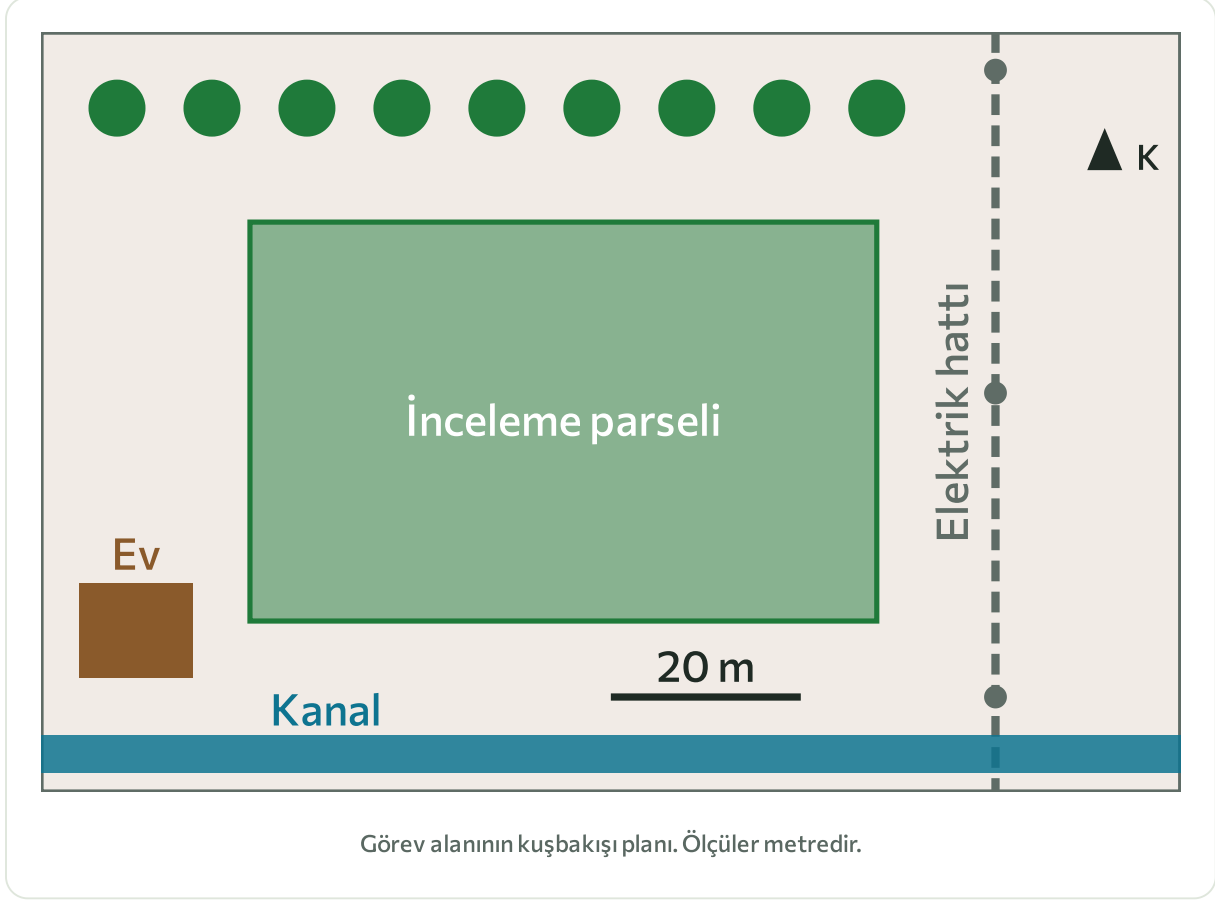
- ✓ Uçuş öncesi kontrolleri uçuştan önce gözden geçireceksiniz.
- ✓ Kalkış, askıda bekleme, yükseklik değıştirme ve iniş yapacaksınız.
- ✓ Elektrik hattı, ağaç sırası ve ev gibi engellerden güvenli mesafede kalacaksınız.
- ✓ Bir uçuş kaydını okuyarak doğru dönüş anını belirleyeceksiniz.

Görev alanı

Kozan ovasında 120 m × 80 m'lik bir eğitim alanındasınız. Alanın ortasında incelenecek bir parsel var. Kuzey kenarında bir ağaç sırası, doğusunda kuzey-güney yönünde uzanan bir elektrik hattı ve direkleri, güneybatı köşesinde bir çiftlik evi, güney kenarında ise bir sulama kanalı bulunuyor.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Görev alanının kuşbakışı planı. Ölçüler metredir.

Uçuştan önce

1

Hava

Rüzgâr hızını ve esinti değerini ekranda okuyun. Bu aracın genel rüzgâr sınırı 6 m/s'dir.

2

Alan

Haritada hattın ve direklerin yerini belirleyin. Gerçek araçlarda engel algılama ince hatları görmeyebilir.

3

Batarya

Dolu bataryayla başlayın. Rezerv sınırı %25'tir; bu değere gelince eve dönün.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



4

Kalkış

Kalkıştan sonra birkaç saniye askıda bekleyin ve aracın kumandaya tepkisini kontrol edin.

Görev ve kurallar

KURAL	DEĞER
Azami yükseklik	120 m
Rüzgâr sınırı	6 m/s
Batarya rezervi	%25
Engellerle temas	Kural ihlali sayılır

Parselin üzerinden en az bir tur atın, hattın yakınından geçerken yükseklik ve mesafe bırakın, ardından kalkış noktasına dönüp inin. Simülasyonda 2B, 3B ya da destekleyen telefonlarda AR kipini seçebilirsiniz. İlk denemede 2B ya da 3B kip önerilir. 2B kipte alanı kuşbakışı görür, mesafeleri daha kolay tahmin edersiniz; 3B kipte ise yükseklik farkını ve hattın konumunu daha iyi algılersiniz.

Aracın özellikleri Simülasyondaki araç, 20 litre tanklı ve 809 Wh bataryalı bir ilaçlama dronunun değerleriyle çalışır. Üretici bu model için boş tankla 14,5 dakika askıda kalma süresi verir. Bu oturumda tank boştur.

Nasıl değerlendirilirsiniz?

Serbest uçuşta ilaçlama ya da kapsama puanı yoktur. Simülasyon; engellerle temas, yükseklik ve rüzgâr sınırları ile batarya rezervi gibi kurallara uyup uymadığınıza ve uçuşu güvenli bir inişle bitirip bitirmedığınıza bakar. Görevi istediğiniz kadar tekrarlayabilirsiniz; en iyi sonucunuz geçerli olur.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Çevrimiçi etkinlik

Serbest uçuş: Kozan eğitim alanı

Kalkış yapın, inceleme parselinin üzerinde bir tur atın, elektrik hattı ve ağaç sırasından uzak durun ve batarya %25'e inmeden kalkış noktasına inin.

Bu etkinlik akademide etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

Çıkış değerlendirilmesi

Aşağıda başka bir pilotun uçuş kaydı var. Batarya, yükseklik ve rüzgâr değerlerini okuyup soruları yanıtlayın.

Çevrimiçi etkinlik

Uçuş kaydını okuyun

Başka bir pilotun 12 dakikalık uçuş kaydı. Aracın rüzgâr sınırı 6 m/s, batarya rezerv sınırı %25.

Bu etkinlik akademide etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>



Kozan'dan örnek

Ovadaki bir tarlanın kenarından sulama kanalı ya da elektrik hattı geçebilir. İlk uçuşunuzu gerçek bir tarlada yapacaksanız da önce alanı yürüyün, hattın yerini işaretleyin ve kalkış noktasını hattan uzak, düz bir yere koyun.

Özetle

Güvenli bir serbest uçuş şu sırayla ilerler: hava ve alan kontrolü, dolu batarya, kısa askıda bekleme, engellerden uzak bir rota ve rezerve gelmeden iniş. Rüzgâr sınırı aşıldığında batarya ne gösterirse göstereceğin görev bırakılır.

1. DJI (2023). **Agras T50/T25 User Manual v1.0.**



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



2. SHGM (2026). İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA).





Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 11

Oturum 2: İlaçlama görevi planlama ve uygulama

17 dk

İkinci oturumda gerçek bir işin provasını yapıyorsunuz: bir portakal bahçesinin belirli bir bölümüne ilaçlama. Bu kez yalnız uçmak yetmez. İlacın hedef bölgeye inmesi, kanala ve komşu alana taşınmaması, doğru yükseklik ve hızda uygulanması gerekir. Bu bir eğitim senaryosudur; gerçekte bu işi yalnız ruhsatlı bir araçla, lisanslı pilot ve profesyonel uygulayıcıdan oluşan bir ekip, Bakanlığın izin verdiği kapsamda yapabilir.

BU OTURUMDA

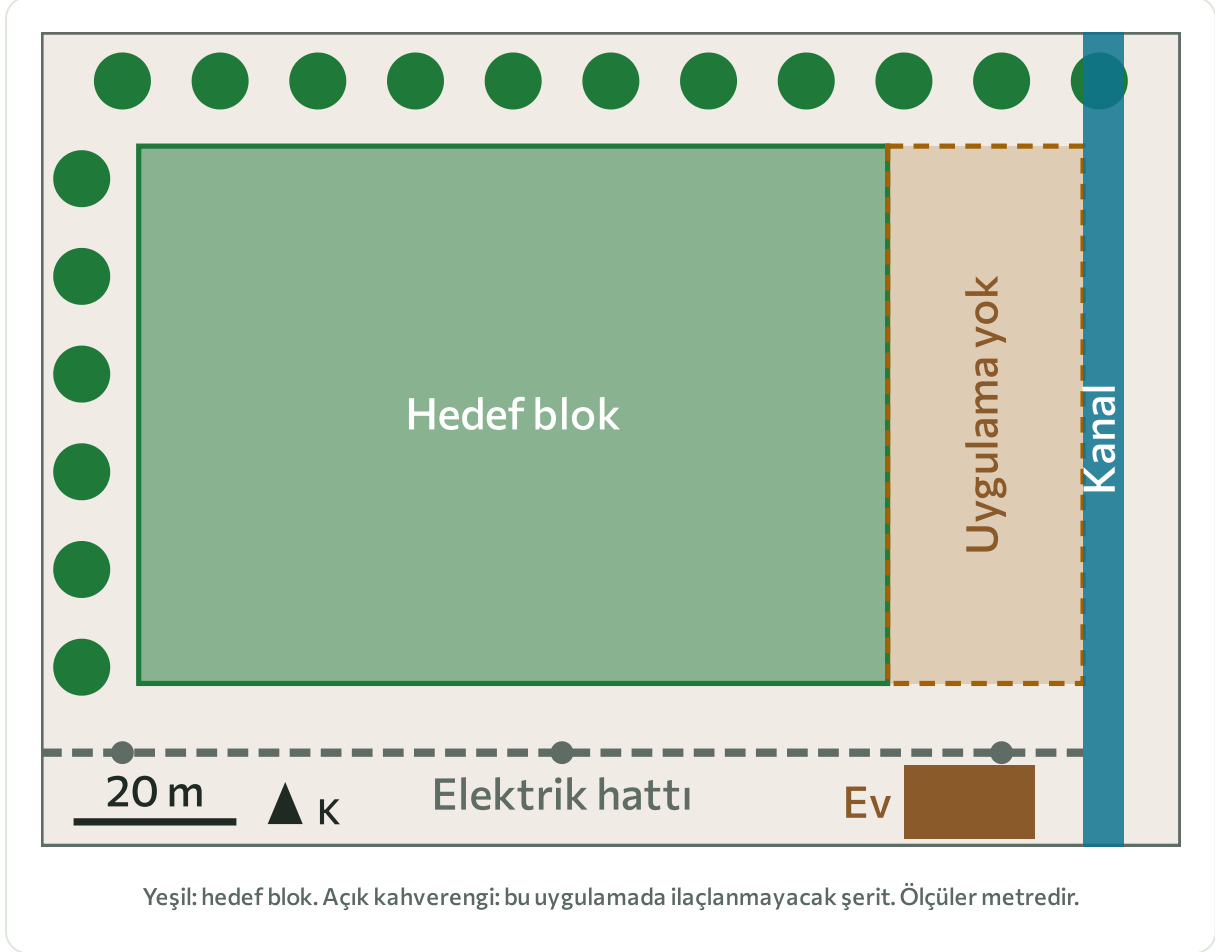
- ✓ Hedef bölgeyi ve uygulama yapılmayacak şeridi haritada ayırt edeceksiniz.
- ✓ Bitki yüzeyinin 2-4 m üstünde, sınır hızın altında ilaçlama yapacaksınız.
- ✓ Rüzgârın sürüklenmeye etkisini göz önünde tutarak rota seçeceksiniz.
- ✓ Yapılan uygulamayı kayıt formuna doğru biçimde işleyeceksiniz.

Görev alanı

Kozan'da 140 m × 100 m'lik bir portakal bahçesi. Yeşil blok ilaçlanacak bölgedir (yaklaşık 6,1 dekar). Doğudaki sulama kanalı ile hedef blok arasında, bahçenin devamı olan ama bu uygulamada ilaçlanmayacak bir şerit var. Kuzey ve batı kenarında rüzgâr kıran ağaçlar, güneyde bir elektrik hattı, güneydoğuda bir ev bulunuyor.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Parametreler ve dayanakları

PARAMETRE	GÖREVDEKİ DEĞER	DAYANAK
Uygulama yüksekliği	Bitki yüzeyinin 2-4 m üstü	OECD derlemesinde en sık 1,5-3 m; üretici 3-4 m öneriyor
Azami hız	5 m/s	Üretici 4-6 m/s veriyor; OECD'deki bir çalışmada 4 m/s üstü hız ve 2 m üstü yükseklikte damlacık yoğunluğu yetersiz kalmış
Rüzgâr sınırı	3 m/s	Üretici, sürüklenmeye yatkın ürünlerde 3 m/s altını öneriyor



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



PARAMETRE	GÖREVDEKİ DEĞER	DAYANAK
Uygulamasız şerit	Kanala en az 20 m	OECD'de aktarılan bir çalışmanın önerisi; gerçekte ürün etiketindeki mesafe geçerlidir
Araç	20 L tank, 809 Wh batarya, 5 m püskürtme genişliği	Üretici 3 m yükseklikte 4-7 m genişlik veriyor
Batarya rezervi	%25	Modülün eğitim kuralı

Turunçgil bahçelerinde yapılan bir denemede drone'lar saniyede 3 m hızla kullanılmıştır. Taç içine iyi işlemesi için bahçede hızı alt sınıra yakın tutmak iyi bir başlangıçtır.

İpuçları

- Kanal tarafındaki kenara yaklaşırken rüzgârın yönüne bakın. Rüzgâr kanala doğru esiyorsa o kenarda püskürtmeyi daha içeride kesin ya da rüzgârın düşmesini bekleyin.
- Hedef bloğun kenarına gelince püskürtmeyi kapatın; dönüşleri ilaçsız yapın.
- Tank biterse ya da batarya %25'e inerse eve dönün.
- Esinti sınırı aşarsa püskürtmeyi durdurup bekleyin.

Çevrimiçi etkinlik

İlaçlama görevi: Kozan portakal bahçesi

Yeşil hedef bloğu bitki yüzeyinin 2-4 m üstünden, 5 m/s'yi aşmadan ilaçlayın. Kanal tarafındaki şeridi ve bahçe dışını ilaçlamayın; rüzgâr 3 m/s'yi aşarsa püskürtmeyi durdurun.

Bu etkinlik akademiye etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

Çıkış değerlendirmesi: uygulama kaydı

Bakanlık yönetmeliği bitki koruma ürünü uygulamalarının kayıt altına alınmasını ister. Aşağıdaki senaryodaki uygulamayı forma işleyin.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Çevrimiçi etkinlik

Uygulama kaydı

Bu etkinlik akademide etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>



Kozan'dan örnek

Portakal bahçelerinin çevresinde arı kovanları bulunabilir. Yönetmelik uygulayıcıdan, ilaçlamadan önce arıcıları ve muhtarlığı bilgilendirmesini ister. Bu bildirim, kayıt formunda da gösterilir.

Özetle

Başarılı bir ilaçlama görevi dört şeye bağlıdır: yalnız hedef bölgeye uygulama, doğru yükseklik ve hız, rüzgâr sınırına uyma ve kayıt. Kanala yakın çalışırken rüzgâr yönü ve uygulamasız şerit belirleyicidir.

1. DJI (2023). **Agras T50/T25 User Manual v1.0.**
2. OECD (2021). **Report on the State of the Knowledge: Literature Review on Unmanned Aerial Spray Systems in Agriculture.**
3. Yan, Y. ve diğerleri (2023). **Evaluation of the deposition and distribution of spray droplets in citrus orchards by plant protection drones.** Frontiers in Plant Science, 14.
4. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2025). **Bitki Koruma Ürünlerinin Uygulanması ve Denetimine İlişkin Yönetmelik.** Resmî Gazete, 13.12.2025, sayı 33106.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 12

Oturum 3: Gözlem ve haritalama görevi

16 dk

Üçüncü oturumda Larissa'ya, Teselya ovasındaki bir pamuk tarlasına gidiyoruz. Görev, çok bantlı kameralı bir gözlem dronuyla tarlanın tamamını bindirmeli fotoğraflarla taramaktır. Burada ilaçlama yoktur: Yunanistan'da hava yoluyla ilaçlama kural olarak yasaktır ve drone ile ilaçlama için yetkili makamın görüşü gerekir. Drone'un işi, sonraki kararlar için güvenilir bir harita üretmektir.

BU OTURUMDA

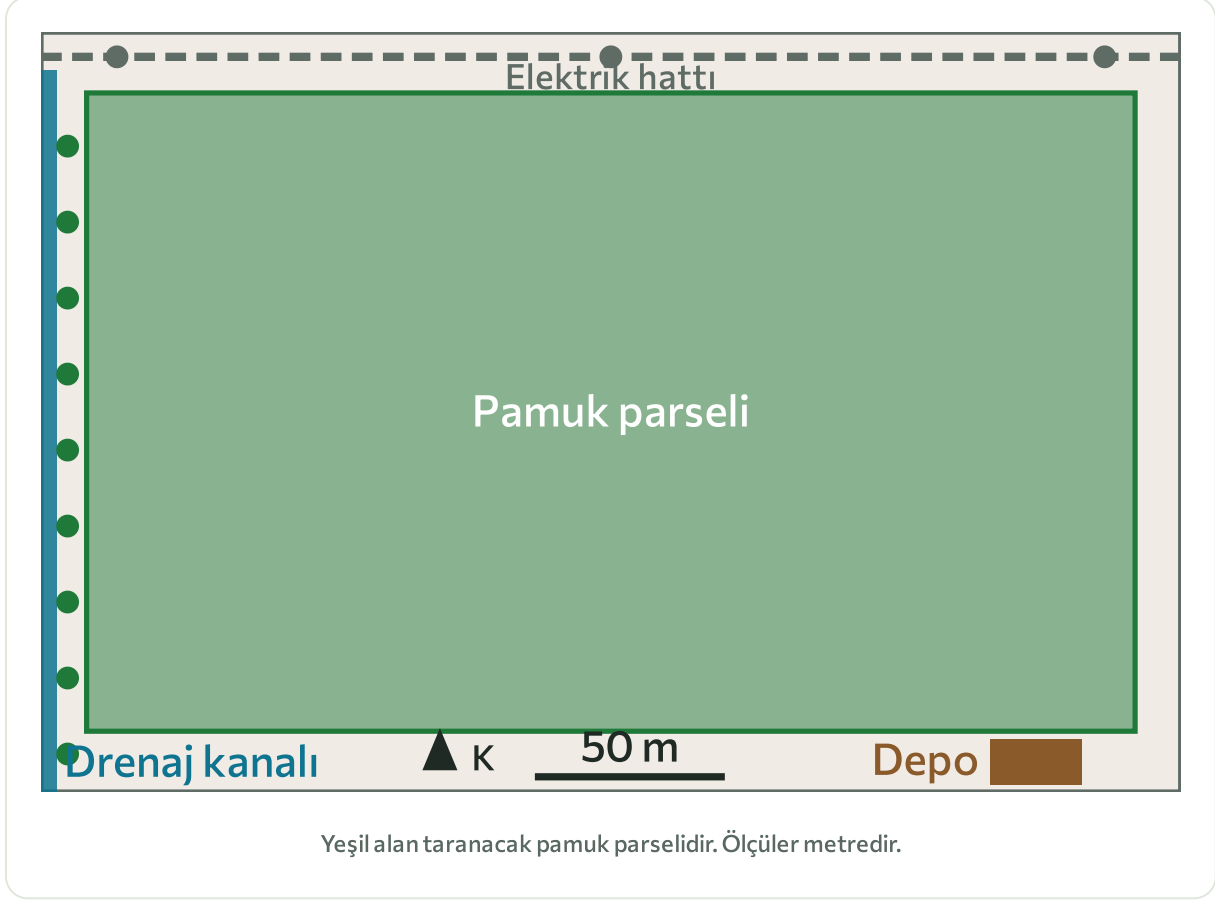
- ✓ Bir tarama deseni (gidiş-dönüş hatları) planlayıp uçacaksınız.
- ✓ Yükseklik, görüntü genişliği ve yan bindirme arasındaki ilişkiyi uygulayacaksınız.
- ✓ Hedef alanın tamamını boşluk bırakmadan kapsayacaksınız.
- ✓ Tarama sonrası indeks haritasından yer kontrolü gereken bölgeleri seçeceksiniz.

Görev alanı

300 m × 200 m'lik alanın içinde yaklaşık 4,6 hektarlık bir pamuk parseli var. Kuzey kenarından bir elektrik hattı geçiyor. Batı kenarında bir drenaj kanalı ve boyunca uzanan bir kavak sırası, güneydoğu köşesinde bir depo binası bulunuyor.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Uçuş planı

Simülasyondaki gözlem dronu, 77 Wh bataryalı ve üreticisinin 43 dakikaya kadar uçuş süresi verdiği bir modelin değerleriyle çalışır. Çok bantlı kamerasının GSD değeri, üreticiye göre uçuş yüksekliğinin 21,7'ye bölünmesiyle bulunur (santimetre olarak). 60 m yükseklikte bu yaklaşık 2,8 cm/piksel eder. Kameranın 2592 piksel genişliğindeki görüntüsü bu yükseklikte yerde yaklaşık 72 m'lik bir şerit kaplar.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Hat aralığı hesabı Hat aralığı = görüntü genişliği $\times$ (1 – yan bindirme). Pix4D, düz arazideki tarla bitkileri için en az %80 yan bindirme önerir. $72 \text{ m} \times (1 - 0,80) \approx 14 \text{ m}$. Yani hatlarınız birbirinden yaklaşık 14 m uzakta olmalıdır.

KURAL	DEĞER
Azami yükseklik	120 m (Türkiye'de P0-P1 ve AB açık kategori sınırı)
Önerilen tarama yüksekliği	60 m
Rüzgâr sınırı	10 m/s (üreticinin 12 m/s değerinin altında pay bırakılmıştır)
Batarya rezervi	%25
Hedef	Parselin tamamı, boşluksuz

- Hatları parselin uzun kenarına paralel çizmek, dönüş sayısını azaltır.
- İlk ve son hattı parselin kenarından yarım görüntü genişliği içeride başlatın; kenarlar da kapsansın.
- Kuzeydeki hattın üzerinden geçerken yüksekliğinizi koruyun.

Çevrimiçi etkinlik

Haritalama görevi: Larissa pamuk parseli

Pamuk parselini gidiş-dönüş hatlarıyla boşluk bırakmadan tarayın. 60 m yükseklikte hat aralığınızı yaklaşık 14 m olsun; 120 m'yi aşmayın ve batarya %25'e inmeden dönün.

Bu etkinlik akademide etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Çıkış değerlendirmesi: haritayı okumak

Taramanız işlendi ve aşağıdaki NDVI haritası çıktı. Her hücre parselin bir bölümüdür. Bu tarla için belirlenen eşiklere göre hücreleri boyayın: NDVI 0,45'in altındaysa "yerde kontrol et", 0,45-0,60 arasındaysa "izle", 0,60 ve üstüyse "normal". Eşikler bu eğitim tarlasına özgüdür; gerçekte ürün, gelişme dönemi ve tarlanın kendi dağılımına göre belirlenir.

Çevrimiçi etkinlik

NDVI haritasından yer kontrolü listesi

Her hücreyi NDVI değerine göre boyayın: 0,45'in altı 'yerde kontrol et', 0,45-0,60 arası 'izle', 0,60 ve üstü 'normal'.

Bu etkinlik akademide etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>



Larissa'dan örnek

Eylül 2023'teki Daniel fırtınasından sonra Teselya ovasındaki pamuk alanının %30,5'i su altında kaldı. Böyle bir olaydan sonra aynı rotayla yapılan düzenli taramalar, parselin hangi bölümlerinin toparlandığını ve hangilerinin yeniden ekim gerektirebileceğini göstermeye yardım eder.

Özetle

Haritalama görevinde başarı, alanın boşluksuz ve yeterli bindirmeyle taranmasıdır. Yükseklik görüntü genişliğini ve GSD'yi, yan bindirme hat aralığını belirler. Harita işlendikten sonra düşük değerli bölgeler bir karar değer, yer kontrolü listesidir.

1. DJI. **Mavic 3M teknik özellikleri ve sık sorulan sorular.**
2. Pix4D. **Selecting the image acquisition plan type.**
3. He, K. ve diğerleri (2024). **Storm Daniel flood impact in Greece in 2023: mapping crop and livestock exposure from synthetic-aperture radar.** Natural Hazards and Earth System Sciences, 24, 2375-2382.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Ders 13

Oturum 4: AR kipinde görev

15 dk

Son oturumda aynı simülasyonu artırılmış gerçeklik kipinde deniyorsunuz. Bu kez görev alanı ekranda değil, önünüzdeki masanın ya da zeminin üzerinde duracak. Görev, Kozan ovasındaki bir mısır tarlasında, gözlem uçuşunda bulunan iki küçük bölgeye noktasal ilaçlamadır. Önceki oturumda olduğu gibi bu bir eğitim senaryosudur.

BU OTURUMDA

- ✓ AR kipini açıp sanal tarlayı gerçek bir yüzeye yerleştireceksiniz.
- ✓ AR desteklenmeyen cihazda görevi 3B ya da 2B kipte tamamlayacaksınız.
- ✓ Birbirinden ayrı iki hedef bölgeyi, aradaki alanı ilaçlamadan uygulayacaksınız.
- ✓ AR sırasında karşılaşılan sorunlara doğru çözümü eşleştireceksiniz.

AR kipini açmak

1

Cihaz

AR kipi, WebXR destekleyen tarayıcılarda çalışır: ARCore sertifikalı bir Android telefonda Chrome ya da Samsung Internet. 2026 itibarıyla iPhone'daki Safari bu kipi desteklemez.

2

Yer

İyi aydınlatılmış, desenli ve düz bir yüzey seçin: ahşap masa, halı ya da parke. Telefon yüzeyi belirgin görsel noktalardan tanıdığı için parlak, tek renk ve yansıtıcı yüzeylerde düzlem bulmakta zorlanır.

3

Tarama



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Simülasyonda AR kipini seçin; tarayıcı izin isterse onaylayın. Telefonu yüzeyin
üzerinde yavaşça gezdirin; yüzey bulununca bir işaret belirir.

4

Yerleştirme

Ekranda beliren işarete dokununuz. Sanal tarla o noktaya sabitlenir. Etrafında
dolaşarak engelleri farklı açılardan görebilirsiniz.

5

Güvenlik

Ekrana bakarken yürümeyin; çevrenizde engel ve insan olmadığından emin olun. En
rahatı oturarak oynamaktır.

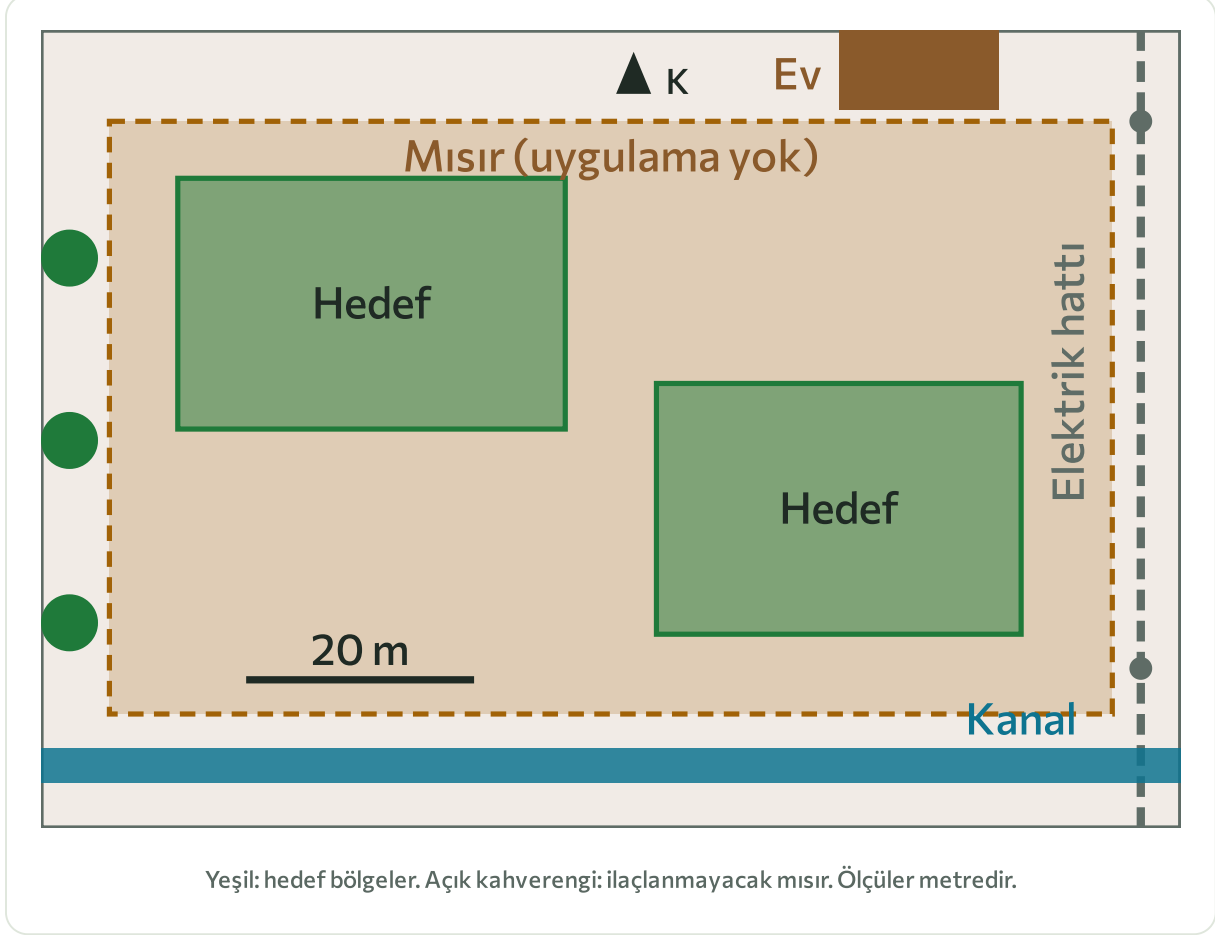
AR açılmazsa Aynı görev 3B ve 2B kipte aynı kurallarla çalışır ve aynı biçimde puanlanır.
AR yalnız görüş açısını değiştirir.

Görev alanı

100 m × 70 m'lik bir mısır tarlası. İki yeşil bölge ilaçlanacak; aradaki mısır ilaçlanmayacak. Güneyde bir
sulama kanalı, doğuda bir elektrik hattı, kuzeyde bir ev ve batı kenarında birkaç ağaç var.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



KURAL	DEĞER
Uygulama yüksekliği	Bitki yüzeyinin 2-4 m üstü
Azami hız	6 m/s (üreticinin önerdiği 4-6 m/s aralığının üst sınırı)
Rüzgâr sınırı	3 m/s
Araç	40 L tank, 1567 Wh batarya, 7 m püskürtme genişliği
Batarya rezervi	%25



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Bu araç için üretici, bitkinin 3 m üstünde 4-11 m püskürtme genişliği verir. Hedef bölgeler küçük olduğu için birkaç kısa hat yeterlidir. Bir bölgeden ötekine geçerken püskürtmeyi kapatmayı unutmayın.

Çevrimiçi etkinlik

AR kipinde noktasal ilaçlama: Kozan mısır tarlası

Mümkünse AR kipini açıp tarlayı masaya yerleştirin; desteklenmiyorsa 3B ya da 2B kipte devam edin. İki yeşil bölgeyi ilaçlayın, aradaki mısırı ve kanalı ilaçlamayın.

Bu etkinlik akademide etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>

Çıkış değerlendirilmesi

AR kullanırken en sık karşılaşılan durumları doğru çözümleriyle eşleştirin.

Çevrimiçi etkinlik

AR sorunları ve çözümleri

Bu etkinlik akademide etkileşimli olarak çözülür: <https://lms.smartfarmingsolutions.org/kurs/ar-tabanlı-tarimsal-drone/>



Kozan'dan örnek

Mısır tarlasında noktasal uygulama, gözlem uçuşunun haritasıyla başlar. Türkiye'de ilaçlama dronunun hangi ürün ve zararlıda kullanılabileceğini Bakanlık belirler; uygulamadan önce il ya da ilçe müdürlüğüne danışılır.



Larissa'dan örnek

Aynı iki bölge Larissa'da olsaydı, drone haritası büyük olasılıkla bir reçeteye dönüşür ve uygulama yerden çalışan bir pülverizatörle yapılırdı; çünkü Yunanistan'da hava yoluyla



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



ilaçlama kural olarak yasaktır ve drone ile uygulama için yetkili makamın görüşü gerekir.
AR kipi ise orada da ekip toplantısında rotayı ve bölgeleri konuşmak için kullanılabilir.

Özetle

AR kipi, sanal görev alanını gerçek bir yüzeye yerleştirir ve engelleri üç boyutlu görmenizi sağlar. Desteklemeyen cihazda görev 3B ya da 2B kipte aynen oynanır. Dört oturumu da başarıyla bitirip sınavı geçtiğinizde modül görevi tamamlanır.

1. W3C (2025). **WebXR Augmented Reality Module, Level 1** ve **WebXR Hit Test Module**.
2. caniuse.com. **WebXR Device API** tarayıcı desteği.
3. Google. **ARCore: Fundamental concepts**.
4. DJI (2023). **Agras T50/T25 User Manual v1.0**.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Terimler

Modül sonu değerlendirme sınavı akademiye çevrimiçi yapılır. Sertifika için sınavı geçmek ve etkinliklerde ortalama en az %60 puan almak gerekir.

AR	Artırılmış gerçeklik: gerçek ortamın üzerine sanal nesne eklenmesi.
GSD	Yer örnekleme mesafesi: bir pikselin yerde karşılık geldiği uzunluk (cm/piksel).
Gözlem dronu	Kamera ya da algılayıcı taşıyıp tarladan veri toplayan, görece hafif drone.
İHA	İnsansız hava aracı. Tarımda kullanılanlara kısaca drone denir.
İlaçlama dronu	Tank, pompa ve meme taşıyan, bitki koruma ürünü ya da sıvı gübre uygulayan drone.
İsabet testi	Cihazdan gönderilen ışının gerçek bir yüzeye kesiştiği noktanın bulunması.
Noktasal uygulama	Girdinin bütün tarla yerine yalnız sorunlu bölgeye uygulanması.
Ortomosaik	Fotoğrafların bozulmaları düzeltilerek birleştirildiği, ölçekli tek harita.
Sayısal yüzey modeli	Bitki ve yapılar dahil yüzeyin yükseklik haritası.
SLAM	Eşzamanlı konum belirleme ve haritalama: cihazın ortamı haritalarken kendi yerini izlemesi.
VR	Sanal gerçeklik: kullanıcının tamamen sanal bir ortama alınması.
Yan bindirme	Komşu iki hattın fotoğrafları arasındaki ortak alan.
Yer kontrol noktası	Koordinatı yerde ölçülüp haritayı doğru konuma oturtmak için kullanılan işaret.
Çapa	Sanal nesneyi gerçek dünyadaki bir noktaya sabitleyen referans.
Ön bindirme	Aynı hat üzerindeki art arda iki fotoğrafın ortak alanı.



Avrupa Birliği tarafından finanse
edilmektedir



Sürdürülebilir Tarım Akademisi

lms.smartfarmingsolutions.org

Proje	Çevresel Sürdürülebilirlik ve Sınır Ötesi İş Diyalogu İçin Akıllı Tarım
Project title	Smart Farming for Environmental Sustainability and Cross Border Business Dialogue
Sözleşme No	TR2021/W1T7/A02/OT02-2/041
Program	Türkiye-AB İş Dünyası Diyalogu II (TEBD II) Hibe Programı
Hibe faydalanıcısı	Kozan Ticaret Odası (KOZTO)
Proje ortağı	Larissa Ticaret ve Sanayi Odası (LACCO)
Proje sitesi	smartfarmingsolutions.org
Akademi	lms.smartfarmingsolutions.org
E-posta	info@smartfarmingsolutions.org
Telefon	+90 322 515 84 66
Yayın tarihi	Eylül 2026

Bu proje Avrupa Birliği tarafından finanse edilmektedir.

Bu içerik Avrupa Birliği'nin görüşlerini yansıtmamakta olup yalnızca yazarların sorumluluğundadır.

