



T.C.  
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Bitki Koruma Bölümü

## BK104-Saha Bilişim Teknolojileri

Doç. Dr. Ümit ÖZYILMAZ

2026

*“Bu ders notları içerisinde yer alan tüm yazılım, uygulama, platform ve şirket isimleri yalnızca eğitim süreçlerini somutlaştırmak ve konunun daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla örnekleme niteliğinde kullanılmıştır. Bahsi geçen markalarla herhangi bir ticari bağ bulunmamakta olup, bu kullanım hiçbir suretle ilgili markaların reklamı, tavsiyesi veya sponsorluğu anlamına gelmemektedir. Metin içerisinde adı geçen tüm ticari markalar, logolar ve tescilli isimler kendi hak sahiplerine aittir. Kullanıcıların ilgili araçları kullanırken ilgili şirketlerin kullanım koşullarına ve lisans sözleşmelerine uymaları kendi sorumluluklarındadır.*

***Bu ders notunun her hakkı saklıdır.”***

Günümüzde her bilim dalında olduğu gibi, ilerleyen teknoloji ile, Bitki Koruma bilim dalı da modernleşme trendine ayak uydurmakta ve çalışmalarına bu yönde devam etmektedir. İlerleyen bu teknolojiyi bilim insanları gerek laboratuvar gerekse saha çalışmalarına rahatlıkla aktarabilmekte ve güncel gelişmeleri zaman geçirmeden yakalayabilmektedir. Ancak özellikle tarlada kullanılan bazı modern teknolojiler ile ilgili kavram bu bilimsel çalışmalarda kalmakta ve genellikle lisans düzeyindeki bir dersin konusu olamamaktadır. Bitki Koruma alanında yapılan tüm çalışmalar nihayetinde sahayı ilgilendirmekte ve sonuçları tarlada kullanılmaktadır. Bununla beraber mezun olan öğrencilerin çalışma mekanları çoğunlukla sahalardır. Bilhassa günümüzde kamu kuruluşları ve özel şirketler saha çalışmalarında bu modern bilişim teknolojilerini kullanmaya odaklanmış ve çalışanlarını bu konuda eğitmeye başlamıştır. Bu dersin amacı; lisans eğitimi düzeyinde sahada sürdürülebilir bilişim teknolojileri konudaki eksikliği gidermek ve öğrencilere bu konuda farkındalık kazandırmaktır. Dersin yürütülebilmesi için öğrencilerin temel bilgisayar ve internet kullanıcısı olmaları dışında ekstra bir bilgiye sahip olmalarına gerek yoktur. Çok detaya girmeden, öğrencilerin ilgisini modern ziraatte artık sıklıkla kullanılan bu konu üzerine çekmek, mezuniyet sonrası muhtemelen karşılaşabilecekleri bu teknolojiler konusunda fikir sahibi yapmak ve yeni teknolojilerin geliştirilmesine olanak sağlayacak sistemlerin oluşturulmasında mühendisliğin diğer dalları ile ortak çalışma kabiliyetini kazandırmak hedeflenmiştir. Ders kapsamı içinde; bilişim teknolojilerinin temel aracı olan bilgisayarların donanımsal ve yazılımsal olarak tanıtılması, sıklıkla kullanılan bazı programların tanıtılması yer almaktadır. Buna ek olarak sahada kullanılan mini/mikro bilgisayarlar ve bunların bileşenlerinden bahsedilecektir. Ayrıca internet ve ilgili kavramlar, nesnelerin interneti ve küresel konumlandırma sistemlerine değinilecektir. Özellikle sensörler, kontrol sistemlerinin bitki koruma alanında kullanımıyla ilgili bilgiler örnekler ile aktarılacaktır. Böcek/hastalık gözlemlene/değerlendirme/sayım, erken uyarı sistemleri, etmenler ile mücadele gibi konularda bilişim teknolojinin kullanıma olanakları anlatılacaktır. Ayrıca veri, veri tabanları, yapay zeka ve bunların bitki korumada kullanım olanakları hakkında bilgiler verilecektir. Tüm bu konular birbiri ile ilişkilendirilerek çok detaya girmeden nasıl kullanıldığı ve kullanılabileceği konusunda bilgiler verilecektir. Ayrıca biri sınıfta biri de arazide olmak üzere iki ayrı uygulama yapılaraktır.

## Bilişim Teknolojileri

Bilişim, en temel anlamıyla bilginin toplanması, işlenmesi, saklanması ve iletilmesi süreçlerinin tamamını kapsayan bir disiplindir. İnsanlık tarihi boyunca bilgi üretimi ve aktarımı hep vardı; ancak bilişim, bu süreci sistematik, hızlı ve teknolojik araçlarla yapabilme yeteneğini ifade eder. Bilgi ham haliyle veri olarak başlar. Veri; sayılar, metinler, görüntüler, sesler ya da ölçüm sonuçları gibi tek başına anlamı sınırlı olan unsurlardır. Bu veriler belirli yöntemlerle işlendiğinde anlam kazanır ve bilgiye dönüşür. İşte bilişim, verinin bilgiye dönüşme sürecini yöneten ve bu süreci verimli hale getiren yöntem ve teknolojilerin bütünüdür. Günümüzde bilişim denildiğinde akla ilk olarak bilgisayarlar gelse de bilişim, sadece bilgisayardan ibaret değildir; ağ sistemleri, yazılımlar, veri tabanları, mobil cihazlar, sensörler ve iletişim altyapıları da bilişimin ayrılmaz parçalarıdır.

Bilişim teknolojileri ise bu süreci gerçekleştiren araç ve sistemlerin tamamını ifade eder. **Donanım**, **yazılım** ve **iletişim** altyapıları bilişim teknolojilerinin üç temel bileşenidir. Donanım; fiziksel olarak dokunabildiğimiz; bilgisayar kasası, işlemci, bellek, sabit disk, ekran, klavye gibi parçalardır. Yazılım ise donanımın ne yapacağını belirleyen programlardır. İşletim sistemleri, ofis programları, tarım otomasyon yazılımları, veri analiz programları bu kapsamdadır. İletişim altyapısı ise cihazların birbiriyle konuşmasını sağlar; internet, yerel ağlar ve kablosuz bağlantılar bu sistemin parçalarıdır. Bu üç bileşen birlikte çalıştığında veri toplanır, işlenir ve sonuç üretilir.

Bilişimin temel amacı hız, doğruluk ve verimlilik sağlamaktır. İnsan gücüyle yapılabilecek birçok işlem, bilişim teknolojileri sayesinde çok daha kısa sürede ve hatasız şekilde yapılabilir. Örneğin binlerce kayıt içeren bir üretim defterini elle analiz etmek günler sürebilirken, bir yazılım saniyeler içinde sonuç çıkarabilir. Bu durum hem zaman tasarrufu sağlar hem de karar alma süreçlerini hızlandırır. Günümüzde kamu yönetiminden eğitime, sağlıktan sanayiye kadar her alanda bilişim sistemleri kullanılmaktadır.

Tarım sektörü de bilişim teknolojilerinden yoğun şekilde yararlanmaya başlamıştır. Geleneksel tarım yöntemlerinde üretim, büyük ölçüde deneyime ve gözleme dayanıyordu. Ancak günümüzde veri temelli tarım anlayışı ön plana çıkmıştır. Toprak nemi, hava sıcaklığı, pH değeri, yağış miktarı, rüzgar durumu gibi birçok parametre sensörler aracılığıyla ölçülmekte ve dijital ortama aktarılmaktadır. Bu veriler analiz

edilerek sulama zamanı, gübreleme miktarı ve hasat planı belirlenmektedir. Böylece hem maliyet düşmekte hem de verim artmaktadır. Bu yaklaşım “**akıllı tarım**” veya “**hassas tarım**” olarak adlandırılır.

Akıllı tarım uygulamalarında küresel konumlama sistemleri, insansız hava araçları ve otomatik sulama sistemleri önemli rol oynar. Uydu destekli konum sistemleri sayesinde tarlanın hangi bölgesinde verim düşüklüğü olduğu tespit edilebilir. Dronlar ile bitki gelişimi havadan izlenebilir ve hastalık belirtileri erken aşamada fark edilebilir. Toprak sensörleri, nem oranı düştüğünde sulama sistemini otomatik olarak devreye sokabilir. Bu sistemlerin tamamı bilişim altyapısı ile çalışır; yani veri toplanır, yazılım tarafından işlenir ve donanım bir eylem gerçekleştirir.

Tarımda bilişimin bir diğer önemli yönü veri analizi ve karar destek sistemleridir. Çiftçiler geçmiş yılların üretim verilerini analiz ederek hangi ürünün hangi koşullarda daha verimli olduğunu görebilir. İklim değişikliği gibi küresel faktörler de bilişim sistemleriyle modellenilebilir. Büyük veri analizi sayesinde binlerce üretim kaydı karşılaştırılarak en uygun ekim zamanı ve ürün çeşidi belirlenebilir. Böylece risk azalır ve planlama daha bilinçli yapılır.

Bilişim teknolojileri tarımda sadece üretim aşamasında değil, pazarlama ve lojistik süreçlerinde de önemlidir. Ürünlerin stok takibi, soğuk zincir kontrolü, pazar fiyat analizleri ve e-ticaret platformları tamamen bilişim altyapısına dayanır. Çiftçi ürününü dijital platformlar üzerinden doğrudan tüketiciye ulaştırabilir. Bu da aracı maliyetlerini azaltır ve gelir artışı sağlar. Aynı zamanda ürün izlenebilirliği sağlanarak gıda güvenliği artırılır. Bir ürünün hangi tarlada, hangi tarihte üretildiği ve hangi işlemlerden geçtiği kayıt altına alınabilir.

Tarımda bilişim kullanımının en önemli katkılarından biri sürdürülebilirliktir. Su kaynaklarının bilinçli kullanımı, kimyasal gübre ve ilaç miktarının optimize edilmesi çevresel etkileri azaltır. Gereksiz sulama önlenerek hem enerji tasarrufu sağlanır hem de su israfı engellenir. Aynı şekilde, hastalık tespiti erken yapıldığında ilaçlama yalnızca gerekli alanlara uygulanır. Bu hem maliyet hem de çevre açısından avantaj sağlar.

Bilişim ve bilişim teknolojileri, bilginin sistemli ve teknolojik yöntemlerle işlenmesini sağlayan geniş bir alandır. Tarım gibi geleneksel bir sektör bile artık veri, yazılım ve

otomasyon temelli bir yapıya dönüşmektedir. Gelecekte tarımsal üretimde rekabet edebilmek için bilişim okuryazarlığı büyük önem taşıyacaktır. Bilişimi doğru kullanan üreticiler daha verimli, daha sürdürülebilir ve daha karlı bir üretim modeli oluşturabilecektir.

## **Bilgisayar Donanımları**

Bilgisayar donanımı, bir bilgisayar sistemini fiziksel olarak oluşturan tüm bileşenlerin genel adıdır ve bu bileşenlerin birlikte, uyum içinde çalışması sayesinde veri işleme süreci gerçekleşir. Bir bilgisayarı anlamamanın en doğru yolu, onu veri alan, bu veriyi işleyen, saklayan ve sonuç üreten bir sistem olarak düşünmektir. Bu sistemin merkezinde işlemci bulunur; işlemci, bellekteki komutları sırayla alır, çözer ve yürütür. Kullanıcının klavyeden yazdığı bir harf ya da fareyle yaptığı bir tıklama bile sonunda işlemci tarafından değerlendirilir. Bu yüzden işlemci genellikle bilgisayarın “beyni” olarak tanımlanır, fakat tek başına çalışamaz; belleğe, depolama birimlerine ve giriş-çıkış donanımlarına ihtiyaç duyar.

**İşlemci**, teknik adıyla CPU (Central Processing Unit), programdaki komutların hangi sırayla çalıştırılacağını belirler ve diğer bileşenlere gerekli sinyalleri gönderir. Ayrıca toplama, çıkarma gibi aritmetik işlemleri ve karşılaştırma gibi mantıksal işlemleri gerçekleştirir. Bilgisayarlar saniyede milyarlarca işlem yapabilirler. Modern işlemciler çok çekirdekli yapıdadır; örneğin bir sistemde birden fazla çekirdek bulunur ve her çekirdek aynı anda farklı görevleri yürütebilir. Bu yapı, çoklu görev (multitasking) performansını ciddi şekilde artırır.

İşlemcinin performansı saat hızı ile ölçülür. Saat hızı, işlemcinin bir saniyede kaç çevrim yapabildiğini gösterir ve genellikle gigahertz (GHz) cinsinden ifade edilir. Ancak çekirdek sayısı, önbellek miktarı ve mimari tasarım da en az saat hızı kadar önemlidir.

**Ana bellek olarak bilinen RAM** (Random Access Memory), bilgisayar çalıştığı sürece aktif olan geçici depolama alanıdır. Bir program açıldığında sabit diskten veya SSD'den alınarak RAM'e yüklenir. İşlemci, doğrudan depolama birimleriyle değil, RAM üzerinden çalışır, çünkü RAM çok daha hızlıdır. Ancak RAM uçucu bir bellektir; elektrik kesildiğinde içindeki veriler silinir. Bu nedenle kalıcı veriler sabit disk veya SSD gibi depolama aygıtlarında tutulur. RAM kapasitesi arttıkça aynı anda daha fazla

program sorunsuz şekilde çalıştırılabilir, çünkü sistem daha az disk erişimine ihtiyaç duyar.

**Depolama birimleri**, bilgisayarın uzun süreli hafızasını oluşturur. Geleneksel sabit diskler (HDD) manyetik plakalar üzerinde veri saklarken, SSD'ler (Solid State Drive) veri saklamak için flash bellek kullanır. SSD'ler hareketli parça içermediği için hem daha hızlı hem de daha dayanıklıdır. İşletim sistemi, programlar ve kullanıcı dosyaları burada saklanır. Bilgisayar açıldığında, BIOS veya UEFI adı verilen temel sistem yazılımı donanımı kontrol eder ve işletim sistemini depolama biriminden RAM'e yükler. Böylece kullanıcı arayüzü ve uygulamalar çalışmaya başlar.

**Anakart**, tüm bu bileşenleri bir araya getiren temel devre kartıdır. İşlemci, RAM, depolama aygıtları ve genişleme kartları anakart üzerindeki yuvalara bağlanır. Anakart üzerinde veri iletimini sağlayan yollar bulunur ve bu yollar "veri yolu" olarak adlandırılır. Tüm bu iletim milisaniyelerin çok altında gerçekleşir.

**Giriş birimleri**, kullanıcıdan ya da dış ortamdan veri alan donanımlardır. Klavye, fare, mikrofon, tarayıcı ve kamera bu gruba girer. Örneğin klavyede bir tuşa basıldığında, o tuşa ait elektriksel sinyal anakart üzerinden işlemciye iletilir. İşlemci, bu sinyali karakter koduna çevirir ve ilgili programa gönderir. Mikrofon, ses dalgalarını elektrik sinyallerine dönüştürür; kamera ise ışığı dijital veriye çevirir. Tüm bu süreçte analog sinyallerin dijital veriye dönüştürülmesi için dönüştürücüler kullanılır.

**Çıkış birimleri** ise işlenen veriyi kullanıcıya sunar. Monitör, yazıcı ve hoparlör en yaygın örneklerdir. Monitör, ekran kartından aldığı dijital görüntü verisini piksel piksel ekrana yansıtır. Ekran kartı (GPU), özellikle grafik işlemlerini hızlandırmak için tasarlanmış özel bir işlemcidir. Günümüzde üç boyutlu modelleme, video işleme ve oyun gibi alanlarda GPU'lar son derece kritik rol oynar. Hoparlörler dijital ses verisini analog ses dalgalarına çevirerek kulağımıza iletir. Yazıcılar ise dijital belgeyi fiziksel çıktıya dönüştürür.

**Güç kaynağı** (PSU), tüm bileşenlere uygun voltajda elektrik sağlar. Şebekeden gelen alternatif akımı doğru akıma çevirir ve sistemin kararlı çalışmasını sağlar. Yetersiz veya kalitesiz bir güç kaynağı sistemde kararsızlığa yol açabilir. Ayrıca **soğutma sistemi** de donanımın sağlıklı çalışması için kritiktir. İşlemci ve ekran kartı yüksek ısı üretir;

bu ısı fanlar veya sıvı soğutma sistemleriyle uzaklaştırılır. Aksi halde performans düşer veya donanım zarar görebilir.

Bilgisayarın çalışma mantığına genel olarak bakıldığında, tüm süreç veri akışı üzerine kuruludur. Kullanıcı bir giriş yapar, bu veri RAM'e yüklenir, işlemci tarafından işlenir, gerekiyorsa depolanır ve sonuç çıkış biriminde gösterilir. Bu döngü sürekli tekrar eder. İşletim sistemi bu süreçte kaynak yönetimini sağlar; hangi programın ne kadar işlemci süresi ve bellek kullanacağını düzenler. Çoklu görev ortamında işletim sistemi, işlemci zamanını küçük parçalara bölerek programlar arasında paylaşır.

Bilgisayar, tek bir parçadan ibaret değil; birbirine sıkı şekilde bağlı çok sayıda bileşenin uyumlu çalışmasıyla ortaya çıkan bir sistemdir. İşlemci karar verir ve hesaplar, RAM geçici çalışma alanı sağlar, depolama birimleri kalıcı hafıza görevi görür, anakart iletişimi organize eder, giriş-çıkış birimleri ise kullanıcı ile sistem arasında köprü kurar. Bu bileşenlerin her biri olmadan sistem eksik kalır. Bilgisayarın mantığı temelde basittir: veri al, işle, sakla ve sonucu üret. Ancak bu basit mantık, milyarlarca işlem hızında gerçekleştiği için karmaşık ve güçlü sistemler ortaya çıkar.

## **Algoritmalar**

Algoritma kavramı, çoğu zaman bilgisayar bilimiyle özdeşleştirilir; ancak aslında insan hayatının neredeyse her anında kullandığı temel bir düşünme biçimidir. En sade tanımıyla algoritma, belirli bir problemi çözmek ya da belirli bir sonuca ulaşmak için izlenen adımların mantıklı ve sıralı bir bütünüdür. Bu adımların belirli bir düzen içinde olması, her adımın açık ve net olması ve sonunda ölçülebilir bir sonuç üretmesi algoritmanın temel özellikleridir. Bilgisayarlar algoritmaları çalıştıran araçlardır; fakat algoritma kavramı bilgisayardan çok daha eskidir. Örneğin bir yemek tarifi, bir yol tarifi ya da sabah okula gitme rutini bile aslında bir algoritmadır.

Günlük hayattan bir örnekle konuyu daha somut hale getirmek için çamaşır makinesini ele alalım. Çamaşır makinesi çalıştırmak, dışarıdan bakıldığında basit bir düğmeye basma işlemi gibi görünür; fakat arka planda oldukça sistemli bir adımlar zinciri vardır. Öncelikle çamaşırılar renge ve kumaş türüne göre ayrılır. Bu adım yapılmazsa beyazlar pembeleşebilir ya da hassas kumaşlar zarar görebilir. Ardından uygun program seçilir. Pamuklu, sentetik ya da hassas programın seçilmesi tamamen giriş verisine, yani çamaşırın türüne bağlıdır. Daha sonra deterjan eklenir, kapak kapatılır

ve makine başlatılır. Makine su alır, suyu belirli sıcaklığa getirir, tamburu belirli bir hızda döndürür, belirli süre bekler, suyu boşaltır, durulama yapar ve sıkma işlemini gerçekleştirir. Bu adımların sırası değiştirildiğinde sistem doğru çalışmaz. Örneğin makine su almadan tamburu döndürmeye başlarsa çamaşırlar temizlenmez. Bu durum algoritmalarda sıralamanın ne kadar kritik olduğunu gösterir.

Algoritmanın en önemli özelliklerinden biri başlangıç ve bitiş noktasının belirli olmasıdır. Çamaşır makinesinde başlangıç, programın başlatılmasıdır; bitiş ise çamaşırların temizlenmiş ve sıkılmış şekilde hazır olmasıdır. Aradaki tüm süreçler bu hedefe ulaşmak için tasarlanmıştır. Ayrıca algoritmalar belirsizlik içermez. “Biraz bekle” gibi ucu açık ifadeler algoritma dili değildir; bunun yerine “30 dakika bekle” gibi net tanımlar gerekir. Çamaşır makinesinin 40 derecede 60 dakika çalışması gibi ifadeler, algoritmanın kesinliğini temsil eder. Bu netlik, özellikle bilgisayar programlamasında hayati öneme sahiptir çünkü bilgisayarlar yoruma dayalı çalışmaz; verilen talimatı aynen uygular.

Algoritma kavramının bir diğer önemli yönü koşullu işlemlerdir. Çamaşır makinesi örneğinde su seviyesi sensörü suyun yeterli olup olmadığını kontrol eder. Eğer su seviyesi düşükse su almaya devam eder; yeterliyse bir sonraki adıma geçer. Bu yapı programlamada “if-else” mantığı olarak bilinir. Yani bir koşul sağlanıyorsa bir işlem yapılır, sağlanmıyorsa başka bir işlem yapılır. Benzer şekilde, makine kapağı açıkken çalışmaz. Kapak sensörü kapağın kapalı olup olmadığını kontrol eder. Eğer kapak açık ise makine başlatılmaz. Bu da bir güvenlik algoritmasıdır. Günlük hayatta farkında olmadan bu tür koşullu yapıları sürekli kullanırız. Örneğin dışarı çıkarken “Yağmur yağıyorsa şemsiye al” düşüncesi de basit bir koşullu algoritmadır.

Algoritmalar aynı zamanda tekrar eden işlemleri de içerir. Çamaşır makinesi yıkama sırasında tamburu sürekli döndürür. Bu döndürme işlemi tek seferlik değildir; belirli bir süre boyunca tekrar eder. Programlamada buna döngü denir. Örneğin “30 dakika boyunca her 5 saniyede bir tamburu çevir” ifadesi bir döngü yapısını temsil eder. Döngüler, hem günlük hayatta hem de yazılımda çok sık kullanılır. Bir sınıftaki tüm öğrencilerin yoklamasını almak, bir listedeki tüm elemanları tek tek kontrol etmek ya da bir dosyadaki tüm satırları okumak döngüsel işlemlerdir. Döngüler sayesinde tekrar eden işlemler sistemli ve otomatik şekilde gerçekleştirilir.

Programlama mantığı, algoritmanın bir programlama dili aracılığıyla bilgisayara aktarılmasıdır. Algoritma düşünce aşamasıdır; program ise bu düşüncenin kod haline getirilmiş biçimidir. Örneğin çamaşır makinesinin içindeki mikrodenetleyici, üretici firmanın yazdığı program sayesinde hangi adımı ne zaman yapacağını bilir. Eğer algoritma hatalı tasarlanmışsa program da hatalı çalışır. Bu nedenle programlama öğrenirken asıl önemli olan yazım kurallarından önce algoritmik düşünme becerisidir. Çünkü doğru düşünülmemiş bir algoritma, en mükemmel kodla bile düzgün sonuç üretmez.

Algoritma geliştirme sürecinde problemi doğru tanımlamak çok önemlidir. Çamaşır makinesi örneğinde problem “kirli çamaşırları temizlemek”tir. Ancak bu genel bir ifadedir. Daha detaylı bakıldığında su sıcaklığı, süre, devir hızı, kumaş türü gibi alt problemlerin de çözülmesi gerekir. Programlama mantığında bu yaklaşım problem çözmeyi daha sistematik hale getirir. **Büyük bir problemi küçük ve yönetilebilir parçalara bölmek, hem hataları azaltır hem de çözümü kolaylaştırır** (Bunu gündelik hayatınızda da kullanarak problemleri rahatlıkla çözebilirsiniz). Bu yöntem yazılım dünyasında modüler düşünme olarak bilinir.

Algoritmaların bir diğer önemli özelliği verimliliklerdir. Çamaşır makinesi gereğinden fazla su kullanırsa enerji israfı olur. Gereğinden uzun çalışırsa zaman ve enerji kaybı olur. Bu nedenle iyi tasarlanmış bir algoritma hem doğru sonucu üretmeli hem de bunu en uygun kaynak kullanımıyla yapmalıdır. Programlamada buna zaman ve bellek karmaşıklığı denir. Aynı işi yapan iki farklı algoritmadan biri daha kısa sürede çalışıyorsa daha verimlidir. Günlük hayatta da en kısa yolu tercih etmek, alışveriş listesini sıraya koyarak markette zaman kaybetmemek gibi davranışlar aslında verimli algoritma seçimine örnektir.

Algoritma mantığını geliştirmek için günlük hayatı dikkatle gözlemlemek yeterlidir. Sabah hazırlanma süreci, bir matematik problemini çözme yöntemi ya da ödev yapma planı hep belirli bir düzen içerir. Bu düzen bilinçli hale getirildiğinde algoritmik düşünme gelişir. Algoritmaları öğrenmede, bilgisayar başına geçmeden önce günlük hayat örneklerini incelemek çok etkilidir. Çünkü soyut kavram somut bir süreçle ilişkilendirildiğinde daha kolay anlaşılır.

Algoritma, yalnızca yazılımcıların kullandığı teknik bir terim değildir; sistemli düşünmenin temelidir. Çamaşır makinesi örneğinde olduğu gibi, doğru sıralanmış,

açık, kesin ve koşullara bağlı adımlar bütünü algoritmayı oluşturur. Programlama ise bu mantığı bilgisayara aktararak otomatik hale getirme sürecidir. Algoritmik düşünme becerisi gelişmiş bir kişi, yalnızca yazılım üretmekle kalmaz; aynı zamanda günlük yaşamında da daha planlı, daha sistemli ve daha etkili kararlar verir. Bu nedenle algoritma kavramı, çağımızın en temel düşünme araçlarından biridir.

## **Bilgisayar Yazılımları**

Yazılım; bilgisayarların, mobil cihazların ve akıllı sistemlerin belirli görevleri yerine getirmesini sağlayan programların genel adıdır. Günlük hayatta farkında olmadan sürekli yazılımlarla etkileşim halindeyiz. İş yaşamında kullanılan uygulamalardan sosyal medya platformlarına, navigasyon sistemlerinden oyunlara kadar geniş bir yelpazede farklı amaçlara hizmet eden programlar bulunmaktadır. Bu yazılımlar temelde kullanıcı ihtiyaçlarına göre geliştirilir ve her biri belirli bir problemi çözmeye, bir süreci hızlandırmaya ya da iletişimi kolaylaştırmaya odaklanır.

**Navigasyon yazılımları**, konum belirleme ve rota oluşturma amacıyla kullanılan uygulamalardır. Özellikle mobil cihazların yaygınlaşmasıyla birlikte navigasyon programları günlük hayatın vazgeçilmez araçları haline gelmiştir. Örneğin Google Maps ve Yandex Navigasyon gibi uygulamalar, uydu verileri ve harita servisleri üzerinden çalışarak kullanıcılara en kısa veya en hızlı güzergahı sunar. Bu yazılımlar trafik yoğunluğunu analiz eder, alternatif yollar önerir ve tahmini varış süresi hesaplar. Lojistik, taşımacılık ve saha hizmetleri gibi sektörlerde navigasyon yazılımları iş verimliliğini doğrudan artıran araçlardır.

**İnternet tarayıcıları**, kullanıcıların web sitelerine erişmesini sağlayan temel yazılımlardır. Tarayıcılar olmadan internet üzerindeki içeriklere ulaşmak mümkün değildir. Günümüzde en yaygın kullanılan tarayıcılardan bazıları Google Chrome, Mozilla Firefox, Safari ve Microsoft Edge'dir. Bu programlar HTML, CSS ve JavaScript gibi web teknolojilerini yorumlayarak kullanıcıya görsel bir arayüz sunar. Ayrıca güvenlik protokolleri, çerez yönetimi, eklenti desteği ve senkronizasyon gibi özelliklerle kullanıcı deneyimini geliştirir. Kurumsal hayatta tarayıcılar; e-posta sistemleri, bulut tabanlı ofis uygulamaları ve web tabanlı otomasyon sistemlerine erişim için temel araçtır.

**Sosyal medya yazılımları**, bireylerin ve kurumların dijital ortamda iletişim kurmasını sağlar. Bu tür platformlar içerik paylaşımı, mesajlaşma, canlı yayın ve topluluk oluşturma gibi işlevler sunar. Örneğin Instagram, Facebook ve X gibi uygulamalar hem bireysel kullanıcılar hem de işletmeler tarafından aktif şekilde kullanılmaktadır. İşletmeler bu platformları marka bilinirliği oluşturmak, müşteri geri bildirimini almak ve reklam faaliyetleri yürütmek amacıyla kullanır. Sosyal medya yazılımları aynı zamanda veri analitiği ve hedef kitle segmentasyonu gibi pazarlama araçlarıyla entegre çalışabilir.

**Medya yazılımları**; müzik, video ve görsel içeriklerin oynatılması, düzenlenmesi ve paylaşılması için geliştirilmiştir. Bir medya oynatıcı, farklı dosya formatlarını destekleyerek kullanıcıya ses ve görüntü deneyimi sunar. Örneğin VLC media player çok sayıda formatı destekleyen popüler bir oynatıcıdır. İçerik izleme tarafında ise YouTube ve Netflix gibi platformlar çevrim içi medya tüketimini mümkün kılar. Kurumsal dünyada medya yazılımları; eğitim videoları, tanıtım filmleri ve uzaktan eğitim içerikleri için önemli bir araçtır.

**Oyun yazılımları** ise hem eğlence hem de bazı durumlarda eğitim amacıyla geliştirilir. Oyunlar grafik motorları, fizik hesaplamaları ve yapay zeka algoritmaları kullanarak etkileşimli bir deneyim sunar. Bilgisayar ve konsol oyunları arasında farklı türler bulunur. Örneğin FIFA 23 spor temalı bir oyunken, Minecraft yaratıcılığa dayalı bir yapı sunar. Günümüzde oyun sektörü ciddi bir ekonomik büyüklüğe ulaşmış ve profesyonel e-spor faaliyetleri ortaya çıkmıştır. Ayrıca simülasyon tabanlı oyunlar eğitim ve mesleki beceri geliştirme alanında da kullanılmaktadır.

**Ofis uygulamaları iş hayatının temel yazılımlarıdır.** Metin yazma, tablo oluşturma, sunum hazırlama ve veri analizi gibi işlemler bu programlar aracılığıyla gerçekleştirilir. En bilinen ofis yazılım paketlerinden biri Microsoft Office'tir. Bu paket içerisinde Microsoft Word, Microsoft Excel ve Microsoft PowerPoint gibi uygulamalar yer alır. Alternatif olarak LibreOffice gibi açık kaynak çözümler de bulunmaktadır. Ofis yazılımları belge üretimini standartlaştırır, veri düzenini sağlar ve iş süreçlerinin kayıt altına alınmasına yardımcı olur.

**Otomasyon kontrol uygulamaları** ise üretim ve sanayi alanında kritik öneme sahiptir. Bu yazılımlar makineleri, sensörleri ve üretim hatlarını kontrol etmek için kullanılır. Programlanabilir mantık denetleyiciler (PLC) ile entegre çalışan sistemler

üretim sürecini otomatikleştirir. Örneğin Siemens yazılımlar endüstriyel otomasyon projelerinde yaygın şekilde kullanılır. Bu tür sistemler hataları azaltır, üretim hızını artırır ve kalite kontrol süreçlerini standartlaştırır.

**Özel amaçlı yazılımlar** belirli sektörlerde özgü ihtiyaçları karşılamak için geliştirilir. Muhasebe programları, hastane bilgi yönetim sistemleri, okul otomasyon yazılımları ve insan kaynakları uygulamaları bu gruba girer. Türkiye’de muhasebe alanında kullanılan yazılımlardan biri Logo’dur. Bu tür programlar finansal kayıtların tutulmasını, rapor hazırlanmasını ve yasal mevzuata uygun işlemlerin yürütülmesini sağlar. Özel yazılımlar genellikle veri güvenliği, yetkilendirme ve raporlama özellikleri bakımından gelişmiş yapıya sahiptir.

Yazılım çeşitleri, kullanım amacına göre farklı kategorilere ayrılrsa da hepsi bilgi işlem süreçlerini kolaylaştırmayı hedefler. Günümüz iş dünyasında verimlilik, hız ve doğruluk büyük önem taşıdığı için yazılımlar artık yalnızca destek aracı değil, iş süreçlerinin temel bileşeni haline gelmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yapay zeka destekli sistemler, bulut bilişim çözümleri ve mobil uygulamalar bu kategorilerin çoğuna entegre edilerek yazılımların yetenekleri sürekli genişlemektedir. Bu nedenle yazılım çeşitlerini anlamak, dijital çağın gerekliliklerini kavramak açısından temel bir bilgidir.

Yazılımların kullanımında en önemli konulardan biri ücretlendirme politikalarıdır. Bazı programlar tek seferlik satın alma modeliyle sunulur; kullanıcı programı bir kez satın alır ve süresiz kullanabilir. Buna karşılık günümüzde oldukça yaygın olan abonelik (üyelik) modeli, yazılımın aylık veya yıllık ödeme karşılığında kullanılmasını sağlar ve genellikle sürekli güncelleme, bulut depolama gibi ek hizmetler içerir. Freeware olarak adlandırılan yazılımlar ise tamamen ücretsizdir; kullanıcıdan herhangi bir ücret talep edilmez, ancak bazı durumlarda reklam gösterimi veya sınırlı özellikler söz konusu olabilir.

Bulut tabanlı programlar, internet üzerinden çalışan ve kurulum gerektirmeden erişilebilen yazılımlardır. Örneğin Google Docs gibi uygulamalar sayesinde kullanıcılar farklı cihazlardan aynı belgeye erişebilir ve aynı anda birden fazla kişiyle ortak çalışma yapabilir. Bu tür sistemler özellikle ekip çalışmalarında büyük kolaylık sağlar, çünkü dosya paylaşımı, sürüm takibi ve eş zamanlı düzenleme gibi işlemler otomatik olarak gerçekleştirilir.

Paralı yazılımlara alternatif olarak geliştirilen açık kaynaklı veya ücretsiz programlar da oldukça yaygındır. Örneğin ofis yazılımları için Microsoft Office yerine LibreOffice tercih edilebilir. Benzer şekilde grafik tasarım, video düzenleme veya programlama gibi alanlarda da ücretsiz alternatifler bulunmaktadır. Bu tür yazılımlar, özellikle bütçe kısıtlaması olan kullanıcılar için güçlü ve erişilebilir çözümler sunar.

## Ağlar ve İnternet

Ağ ve ağ teknolojileri, modern bilgi çağının temelini oluşturan en önemli altyapılardan biridir. Günümüzde bilgisayarlar, mobil cihazlar, sunucular ve hatta akıllı ev sistemleri birbirleriyle sürekli veri alışverişi yapmaktadır. Bu iletişimin sağlanabilmesi için belirli kurallar, protokoller ve fiziksel bağlantılar gerekir. Ağ kavramı en basit tanımıyla birden fazla cihazın veri paylaşmak amacıyla birbirine bağlanmasıdır. Bu bağlantı kablolu ya da kablosuz olabilir ve belirli standartlara göre çalışır. Ağ teknolojileri sayesinde yalnızca dosya paylaşımı değil, yazıcı kullanımı, internet erişimi, uzaktan kontrol, görüntülü görüşme ve gerçek zamanlı veri aktarımı mümkün hale gelmiştir.

Yerel alan ağı anlamına gelen **LAN** (Local Area Network), sınırlı bir coğrafi alan içinde kurulan ağ yapısıdır. Bir okul laboratuvarındaki bilgisayarlar, bir ofisteki masaüstü sistemler ya da bir evdeki modem üzerinden bağlanan cihazlar LAN örneğidir. LAN yapısında veri transferi oldukça hızlıdır çünkü fiziksel mesafe kısadır ve genellikle aynı ağ donanımı kullanılır. Buna karşılık **WAN** (Wide Area Network), çok daha geniş coğrafi alanları kapsayan ağ yapısını ifade eder. Farklı şehirlerde ya da ülkelerde bulunan sistemlerin birbirine bağlanması WAN üzerinden gerçekleşir. İnternet, dünyanın en büyük WAN örneğidir. WAN yapıları genellikle kiralık hatlar, fiber altyapı ve yönlendiriciler aracılığıyla çalışır.

Ağ yapılarında **sunucu (server)** ve **istemci (client)** kavramları temel rol oynar. Sunucu, belirli bir hizmeti sağlayan merkezi bilgisayardır. Bu hizmet; dosya saklama, web sitesi yayınlama, e-posta yönetimi veya veritabanı barındırma olabilir. İstemci ise sunucudan hizmet talep eden cihazdır. Örneğin bir kullanıcı internet tarayıcısına bir web adresi yazdığı anda, istemci bilgisayar ilgili sunucuya istek gönderir ve sunucu gerekli veriyi geri iletir. Bu istemci-sunucu modeli, internetin çalışma mantığının temelini oluşturur. Örneğin Apache HTTP Server veya Nginx gibi yazılımlar web sunucusu olarak görev yapar ve gelen istekleri yanıtlar.

İnternet üzerinde gezinirken kullanılan her adres aslında belirli bir yapıya sahiptir. **URL** (Uniform Resource Locator), bir kaynağın internet üzerindeki açık adresidir. Bir URL; protokol, alan adı ve varsa dosya yolundan oluşur. Örneğin bir web sitesine erişirken kullanılan “https” ifadesi, iletişimin güvenli bir protokol üzerinden gerçekleştiğini gösterir. Alan adı kısmı ise insanların kolay hatırlayabilmesi için oluşturulmuştur. Ancak bilgisayarlar alan adlarıyla değil, **IP** adresleriyle iletişim kurar. İşte burada **DNS** (Domain Name System) devreye girer. DNS sistemi, alan adlarını IP adreslerine çeviren dağıtık bir veritabanı yapısıdır. Örneğin Google Chrome üzerinden bir siteye erişmek istediğinizde, önce DNS sunucusu ilgili alan adının IP karşılığını bulur, ardından istemci doğru sunucuya bağlanır. Bu süreç milisaniyeler içinde gerçekleşir.

Ağ teknolojileri yalnızca veri iletmekle kalmaz, aynı zamanda güvenliği de sağlar. Güvenlik duvarları (firewall), yönlendiriciler (router) ve anahtarlar (switch) ağ trafiğini düzenler ve yetkisiz erişimleri engeller. Özellikle kurumsal yapılarda ağ segmentasyonu, VPN kullanımı ve şifreleme teknikleri kritik öneme sahiptir. HTTPS protokolü, SSL/TLS sertifikaları ve kimlik doğrulama mekanizmaları veri güvenliğini artırır. Günümüzde siber saldırıların artması nedeniyle ağ güvenliği, bilgi teknolojilerinin en önemli alanlarından biri haline gelmiştir.

Bulut teknolojileri, ağ altyapısının gelişmesiyle ortaya çıkan bir kavramdır. Bulut bilişim, verilerin ve uygulamaların fiziksel olarak kullanıcının bilgisayarında değil, internet üzerindeki uzak sunucularda barındırılması anlamına gelir. Kullanıcı bu kaynaklara internet bağlantısı aracılığıyla erişir. Bu model donanım maliyetlerini azaltır, ölçeklenebilirlik sağlar ve veri kaybı riskini düşürür. Örneğin Google Docs, kullanıcıların belgelerini çevrim içi ortamda oluşturmasına ve aynı belge üzerinde birden fazla kişinin eş zamanlı çalışmasına olanak tanır. Benzer şekilde Microsoft OneDrive ve Dropbox gibi hizmetler dosyaların internet üzerinden saklanması ve paylaşılmasını sağlar.

Uzaktan çalışma modeli de bulut teknolojileri sayesinde yaygınlaşmıştır. Bir çalışan fiziksel olarak ofiste bulunmasa bile şirket sunucularına VPN aracılığıyla bağlanabilir, ortak dosyalara erişebilir ve çevrim içi toplantılara katılabilir. Bu noktada veri transferi kavramı önem kazanır. Veri transferi, bir kaynaktan başka bir kaynağa bilgi aktarılmasıdır ve bant genişliği, gecikme süresi ve veri hızı gibi faktörlere bağlıdır.

Yüksek hızlı fiber internet altyapıları ve 5G teknolojileri, büyük boyutlu dosyaların kısa sürede aktarılmasını mümkün kılmıştır.

Ağ ve ağ teknolojileri, hem bireysel hem de kurumsal düzeyde dijital iletişimin temelidir. LAN ve WAN yapıları fiziksel ve mantıksal bağlantıyı sağlarken, sunucu ve istemci modeli hizmet dağıtımını mümkün kılar. DNS ve URL gibi sistemler internetin düzenli çalışmasını sağlar. Bulut teknolojileri ise bu altyapıyı kullanarak veriyi mekandan bağımsız hale getirir ve uzaktan çalışma kültürünü destekler. Günümüzde ağ bilgisi, yalnızca teknik uzmanlar için değil, dijital dünyada etkin olmak isteyen herkes için temel bir gereklilik haline gelmiştir.

## **Veri (DATA)**

**Veri**, en temel tanımıyla anlamlandırılmamış ham gerçeklerdir. Sayılar, metinler, tarih bilgileri, ölçüm sonuçları, kullanıcı girişleri ve sensör çıktıları veri olarak kabul edilir. Ancak veri tek başına çoğu zaman bir anlam ifade etmez; anlam kazanabilmesi için işlenmesi, düzenlenmesi ve bağlam içine yerleştirilmesi gerekir. Bu noktada ham veri ve işlenmiş veri kavramları ortaya çıkar. **Ham veri**, herhangi bir analizden veya düzenlemeden geçmemiş ilk halidir. Örneğin bir okulda öğrencilerin sınavdan aldığı puanların sadece sayı olarak kaydedilmesi ham veridir. Bu puanların ortalamasının alınması, başarı yüzdesinin hesaplanması ya da grafikte gösterilmesi ise işlenmiş veriye dönüşüm sürecidir. **İşlenmiş veri** karar verme süreçlerinde kullanılabilir hale gelir ve yöneticilere, öğretmenlere veya kurumlara anlamlı bilgiler sunar.

Veri kavramının teknik boyutunda veri türleri önemli bir yer tutar. Bilgisayar sistemleri verileri belirli türlerde saklar ve her veri türü farklı bir yapıyı temsil eder. Tam sayılar "**integer (int)**" veri türü ile ifade edilir ve kesirli değer içermez. Örneğin öğrenci numarası veya ürün adedi gibi değerler int türünde saklanır. Ondalıklı sayılar ise "**float**" veri türü ile temsil edilir; sıcaklık ölçümü, fiyat veya ağırlık gibi değerler float olarak tutulabilir. Metinsel ifadeler "**varchar, text**" gibi karakter dizisi türlerinde saklanır. İsim, adres veya açıklama alanları bu kategoriye girer. Mantıksal doğruluk durumları ise "**boolean**" veri türü ile ifade edilir ve genellikle doğru/yanlış (true/false) şeklinde iki değer alır. Örneğin bir kullanıcının aktif olup olmadığı boolean ile gösterilebilir. Veri türünün doğru seçilmesi, hem depolama verimliliği hem de sistem performansı açısından kritik öneme sahiptir. Yanlış veri türü seçimi gereksiz alan kullanımına, hatalı hesaplamalara ve veri tutarsızlığına yol açabilir. Bunlara ek

olarak tarih ve zaman bilgilerini saklamak için kullanılan özel veri türleri de vardır. “**Date**” veri türü yalnızca tarih bilgisini saklar. Örneğin bir öğrencinin kayıt tarihi ya da bir faturanın düzenlenme tarihi date olarak tutulur. “**Time**” veri türü ise yalnızca saat bilgisini saklar; örneğin bir dersin başlama saati time türünde olabilir. “**Datetime**” veya bazı sistemlerde “**timestamp**” olarak geçen veri türü hem tarih hem de saat bilgisini birlikte saklar. Örneğin bir kullanıcının sisteme giriş yaptığı anın kaydı datetime olarak tutulur (standart format 2026-03-24 22:14:55 şeklindedir). Bu türler özellikle raporlama, zaman aralığına göre sorgulama ve kronolojik sıralama işlemlerinde büyük önem taşır. Tarih ve zaman veri türlerinin doğru kullanılması performans ve doğruluk açısından kritik bir konudur; metin (varchar) olarak saklanan tarih verileri sorgulama sırasında hatalara ve performans kaybına yol açabilir.

Bazı veriler saklanırken ham veri yerine onu oluşturan öğelere dönüştürülerek saklanır. Bu hem yerden tasarruf sağlarken hem de aramayı hızlandırır. Buna fingerprint (parmak izi) teknolojisi denir. Örneğin bir parmak izinin fotoğrafını saklamaktan ziyade parmak izini oluşturan çizgilerin kesişim sayılarını, yönlerini ve kesişim yerlerini bularak özgün bir sayıya çevirerek saklamak daha mantıklıdır. Böylece fotoğrafın kendisini saklamaktan çok daha az yer kullanılır. Örneğin bir suç mahalindeki parmak izi veri tabanında aratılırken ilk önce bu özgün sayıya çevrilir ve bu sayı veri tabanındaki diğer özgün kayıtlarda aranır. Bu karşılaştırma işlemi muazzam derecede hızlandırır. Günümüzde “çalan şarkı ne?” teknolojisi de fingerprint teknolojisini kullanmaktadır. Aslında aranan parçanın bir ses kaydı olarak değil özgün bir sayısal kimliğidir. Kısaca verinin saklanırken ham halinden ziyade işlenerek karşılaştırılabilir son halinin saklanması çok önemlidir. Bu durum arazide kullanılan cihazlardan alınan veriler için de geçerlidir.



**Veri tabanı** (Database) kavramı, verilerin düzenli ve ilişkisel bir yapı içerisinde saklandığı sistemleri ifade eder. Veri tabanı, bilgilerin belirli kurallar çerçevesinde

organize edildiği bir depolama ortamıdır. Bu yapıyı yöneten yazılımlara veri tabanı yönetim sistemi denir. Örneğin MySQL, PostgreSQL ve Microsoft SQL Server yaygın olarak kullanılan ilişkisel veri tabanı sistemleridir. Bu sistemlerde veriler tablolar halinde tutulur. Her tablo satır ve sütunlardan oluşur. Satırlar kayıtları, sütunlar ise veri alanlarını temsil eder. Örneğin bir “Öğrenciler” tablosunda her satır bir öğrenciyi, sütunlar ise ad, soyad, numara ve not gibi alanları temsil eder. Veri tabanı sistemleri sayesinde büyük miktardaki veri hızlı bir şekilde sorgulanabilir, güncellenebilir ve güvenli biçimde saklanabilir.

Günümüzde veri miktarının artmasıyla birlikte “**büyük veri** (BigData)” kavramı ortaya çıkmıştır. Büyük veri, geleneksel veri tabanı sistemlerinin işleyemeyeceği kadar yüksek hacimli, hızlı ve çeşitli veri kümelerini ifade eder. Sosyal medya paylaşımları, sensör verileri, video içerikleri ve e-ticaret işlemleri büyük veri örnekleridir. Bu verilerin analiz edilmesi kurumlara stratejik avantaj sağlar; müşteri davranışlarının tahmin edilmesi, risk analizleri ve performans iyileştirmeleri büyük veri analizinin sonuçları arasında yer alır.

Veri yönetimi ise verinin yaşam döngüsünü kapsayan geniş bir süreçtir. Verinin toplanması, düzenlenmesi, saklanması, korunması ve gerektiğinde silinmesi veri yönetiminin parçalarıdır. Bir veri setinde sütun yapısı, verinin düzenli ve anlamlı biçimde saklanmasını sağlar. Her sütun belirli bir veri türüne ve amaca sahip olmalıdır. Örneğin bir müşteri tablosunda “telefon” alanı metin türünde olmalı ve belirli bir formatta saklanmalıdır. Veri doğrulama bu noktada devreye girer. **Veri doğrulama**, sisteme girilen bilgilerin doğru formatta ve mantıklı değer aralığında olup olmadığını kontrol eder. Örneğin yaş alanına negatif bir değer girilmemesi ya da e-posta adresinin uygun biçimde yazılması veri doğrulama ile sağlanır. Bu süreç veri kalitesini artırır ve hatalı kayıtların önüne geçer.

Veri saklama yöntemleri hem fiziksel hem de dijital güvenlik açısından önemlidir. Veriler yerel sunucularda, bulut sistemlerinde veya hibrit ortamlarda saklanabilir. Bulut tabanlı çözümler ölçeklenebilirlik ve erişilebilirlik avantajı sunarken, yerel sistemler bazı kurumlar için daha fazla kontrol imkanı sağlar. Yedekleme stratejileri veri kaybını önlemenin temel yoludur. Düzenli yedek alınmayan sistemlerde donanım arızası veya siber saldırı sonucu ciddi veri kayıpları yaşanabilir. Bu nedenle yedekleme, şifreleme ve erişim yetkilendirme mekanizmaları veri güvenliğinin temel unsurlarıdır.

**Veri güvenliği**, yalnızca teknik önlemlerle sınırlı değildir; aynı zamanda hukuki ve etik boyutları da vardır. Kişisel verilerin korunması, yetkisiz erişimin engellenmesi ve veri bütünlüğünün sağlanması zorunludur. Yetkilendirme sistemleri sayesinde her kullanıcı yalnızca kendi görev alanıyla ilgili verilere erişebilir. Şifreleme yöntemleri ise verinin izinsiz kişiler tarafından okunmasını engeller. Ayrıca log kayıtları tutularak hangi kullanıcının hangi veriye ne zaman eriştiği izlenebilir. Bu uygulamalar veri ihlallerini tespit etmeyi ve önlemeyi kolaylaştırır.

Veri ve veri tabanı kavramları modern dijital dünyanın temel taşlarıdır. Ham verinin işlenerek anlamlı bilgiye dönüştürülmesi, doğru veri türlerinin seçilmesi, büyük veri teknolojilerinin kullanılması ve veri yönetimi süreçlerinin etkin yürütülmesi kurumların başarısını doğrudan etkiler. Günümüzde rekabet avantajı sağlayan en önemli unsurlardan biri doğru ve güvenli veri yönetimidir. Veriyi doğru toplayan, düzenleyen ve koruyan kurumlar hem stratejik karar alma süreçlerinde hem de operasyonel verimlilikte önemli bir üstünlük elde eder.

## **Haritalar ve GPS**

**Haritalama ve Küresel Konumlandırma**, modern dünyada hem günlük yaşamda hem de bilimsel ve teknolojik çalışmalarda önemli bir yere sahiptir. İnsanlar tarih boyunca buldukları yeri anlamak, yönlerini belirlemek ve uzak mesafelerdeki yerleri tanımlamak için çeşitli yöntemler geliştirmiştir. Bu süreçte haritalar, pusula, koordinat sistemleri ve günümüzde uydu teknolojileri büyük rol oynamıştır. Özellikle tarım, şehir planlama, ulaşım, savunma ve çevre yönetimi gibi alanlarda haritalama ve konum belirleme sistemleri vazgeçilmez araçlar haline gelmiştir.

**Harita bilgisi ve kartografya**, yeryüzünün tamamının veya belirli bir bölümünün belirli bir ölçeğe göre küçültülerek iki boyutlu bir yüzey üzerine aktarılması sürecini inceleyen bilim dalıdır. Kartografya yalnızca harita çizmekten ibaret değildir; aynı zamanda verilerin doğru, anlaşılır ve amaca uygun biçimde sunulmasını da kapsar. Bir harita hazırlanırken arazinin yükselti durumu, yollar, nehirler, yerleşim yerleri, bitki örtüsü gibi birçok unsur belirli sembollerle gösterilir. Haritalarda bilgilerin düzenli ve anlaşılır şekilde sunulabilmesi için **katman** mantığı kullanılır. Harita katmanları, farklı türdeki bilgilerin ayrı ayrı tutulduğu ve gerektiğinde üst üste getirilebildiği veri katmanlarıdır. Örneğin bir haritada yalnızca yolların bulunduğu bir katman, nehirlerin

bulunduğu başka bir katman ve yerleşim alanlarının bulunduğu başka bir katman olabilir. Bu katmanlara göre en çok bilinen haritalar;

Uydu Fotoğrafi Haritaları: Kuş bakışı yeryüzünün gerçek görüntüsü.

Siyasi Haritalar: Ülkelerin sınırlarını ve başkentlerini gösterir.

Fiziki Haritalar: Dağlar, ovalar, denizler gibi yer şekillerini gösterir.

İklim Haritaları: Bölgelere göre iklim özelliklerini gösterir.

Nüfus Haritaları: Nüfus yoğunluklarını gösterir.

Ekonomik Haritalar: Tarım, sanayi, ulaşım gibi ekonomik faaliyetleri gösterir.

Denizcilik ve Navigasyon Haritaları: Deniz yolları, akıntılar ve su derinliklerini gösterir.

Ayrıca her uzmanlık alanına göre bu katmanlar çoğaltılabilir. Örneğin ziraat alanında harita katmanları, tarım arazisinin farklı özelliklerini analiz etmek için kullanılır. Bu katmanlar arasında toprak yapısı (pH, nem, organik madde), bitki sağlığı (NDVI gibi indeksler), iklim verileri (yağış, sıcaklık), topografya (eğim, yükseklik) ve sulama bilgileri yer alır. Ayrıca parsel sınırları, verim haritaları ve hastalık risk bölgeleri de ayrı katmanlar olarak incelenir. Bu sayede çiftçiler, tarlanın her noktasını detaylı şekilde değerlendirerek daha doğru sulama, gübreleme ve üretim planlaması yapabilir.

Bu katmanlar gerektiğinde birlikte görüntülenerek karmaşık coğrafi bilgilerin daha düzenli bir şekilde analiz edilmesini sağlar (Örneğin hava kirliliği katmanı ile nüfus yoğunluğu katmanı üst üste bindirildiğinde nüfusun yoğun olduğu yerlerde hava kalitesinin çok kötü olduğu rahatlıkla söylenebilir).

Haritalarda kullanılan en önemli kavramlardan biri **ölçek** kavramıdır. Ölçek, harita üzerindeki bir mesafenin gerçek dünyadaki mesafeye oranını ifade eder. Örneğin 1:100.000 ölçekli bir haritada, harita üzerindeki 1 santimetre gerçekte 100.000 santimetre yani 1 kilometreye karşılık gelir. Ölçek küçüldükçe harita daha geniş bir alanı kapsar ancak detaylar azalır. Ölçek büyüdükçe ise daha küçük bir alan gösterilir fakat detay miktarı artar. Bu nedenle şehir planlaması veya arazi ölçümü gibi çalışmalar büyük ölçekli haritalarla yapılırken, kıtalar veya ülkeler gibi geniş alanların gösterilmesi için küçük ölçekli haritalar kullanılır.

Kroki ise bir yerin ölçek kullanılmadan kabataslak çizilmiş haritasıdır. Genellikle doğruluk ve kesinlikten ziyade pratik bilgi verme amacıyla oluşturulur. Krokinin Özellikleri: Ölçek kullanılmaz, basit ve şematik bir çizimdir, yön bilgisi içerebilir, detaylar haritalara göre daha azdır. Örneğin bir okulun yerini tarif etmek için çizilen şey bir krodur.

Haritalarda yön belirlemek için kullanılan araçlardan biri pusuladır. **Pusula**, Dünya'nın manyetik alanından yararlanarak yön tayini yapan bir alettir. Pusulanın içinde serbestçe dönebilen manyetik bir iğne bulunur ve bu iğne her zaman Dünya'nın manyetik kuzeyini gösterir. Böylece harita üzerinde kuzey, güney, doğu ve batı yönleri kolayca belirlenebilir. Haritalarda genellikle kuzey yönü yukarı doğru olacak şekilde çizim yapılır. Bu nedenle pusula kullanılarak harita ile gerçek dünya arasında yön uyumu sağlanır. Özellikle doğada yön bulma, askeri faaliyetler, keşif gezileri ve navigasyon işlemlerinde pusula uzun yıllar boyunca en önemli araçlardan biri olmuştur.

Günümüzde konum belirleme işlemleri büyük ölçüde uydu teknolojileri ile yapılmaktadır. Bu sistemlerin en bilinenlerinden biri **GPS** yani Küresel Konumlandırma Sistemidir. GPS, Dünya yörüngesinde bulunan çok sayıda uydudan oluşan bir sistemdir ve bu uydular sürekli olarak konum ve zaman bilgisi içeren sinyaller gönderir. Yeryüzündeki GPS alıcıları bu sinyalleri alarak bulunduğu konumu hesaplar. GPS sistemi ilk olarak askeri amaçlarla geliştirilmiş olsa da günümüzde sivil kullanım için de yaygın olarak kullanılmaktadır. Akıllı telefonlar, araç navigasyon cihazları, gemiler, uçaklar ve çeşitli ölçüm cihazları GPS teknolojisinden yararlanır.

GPS'in çalışma prensibi trilaterasyon adı verilen bir yöntemle dayanır. Trilaterasyon, bir noktanın konumunu belirlemek için farklı noktalardan olan uzaklıkların ölçülmesine dayanan matematiksel bir yöntemdir. GPS sisteminde alıcı cihaz, en az üç farklı uydudan gelen sinyalleri kullanarak kendi konumunu hesaplar. Her uydu, alıcıya olan uzaklığını belirlemek için sinyalin gönderildiği zaman ile alındığı zaman arasındaki farkı kullanır. Bu uzaklık bilgileri kullanılarak üç boyutlu uzayda konum hesaplanır. Pratikte daha doğru sonuç elde etmek için genellikle dört veya daha fazla uydu kullanılır. Böylece cihazın enlem, boylam ve yükseklik bilgileri oldukça hassas bir şekilde belirlenebilir.

Konum belirleme işlemlerinde kullanılan bir diğer önemli kavram koordinat sistemleridir. **Koordinat sistemleri**, Dünya üzerindeki herhangi bir noktanın sayısal değerlerle ifade edilmesini sağlar. En yaygın kullanılan sistemlerden biri enlem ve boylam sistemidir. Enlem, bir noktanın ekvatora olan açısız uzaklığını gösterirken boylam, başlangıç meridyenine olan açısız uzaklığı ifade eder.

Enlem (Paraleller): Ekvator'a paralel uzanan hayali çizgilerdir.  $0^{\circ}$  ile  $90^{\circ}$  arasında kuzey (K) ve güney (G) olmak üzere ikiye ayrılır. Ekvator ( $0^{\circ}$ ) en büyük paraleldir. Kutuplara gidildikçe paralellerin boyları kısalır. Örnek: Türkiye,  $36^{\circ}$  –  $42^{\circ}$  Kuzey enlemleri arasında bulunur.

Boylam (Meridyenler): Kuzey Kutbu'ndan Güney Kutbu'na uzanan hayali çizgilerdir.  $0^{\circ}$  ile  $180^{\circ}$  arasında doğu (D) ve batı (B) olarak ikiye ayrılır. Başlangıç meridyeni (Greenwich),  $0^{\circ}$  boylamıdır. Boyamlar arasındaki uzaklık ekvator da 111 km'dir ancak kutuplara gidildikçe azalır. Boyamlardan dolayı yerel saat farklarını oluşturur. Örnek: Türkiye,  $26^{\circ}$  –  $45^{\circ}$  Doğu boylamları arasında bulunur.

Bu sayede Dünya üzerindeki herhangi bir nokta iki sayı ile tanımlanabilir. Bunun dışında UTM gibi farklı koordinat sistemleri de kullanılmaktadır ve bu sistemler özellikle harita üretimi ve mühendislik ölçümlerinde daha pratik sonuçlar sağlayabilir.

Bulduğumuz yerin konumunu artık cep telefonları ile kolaylıkla bulabilmekteyiz. Bunun için telefonda navigasyon uygulamalarından yararlanılmaktadır. Bulduğumuz yerin koordinatlarının bulup kaydetmenin en pratik yolu ise aslında fotoğraf çekmektir. Günümüz cep telefonları fotoğrafın içine konum bilgilerini yerleştirirler. Konum servisinin açık olduğuna ve fotoğraf içine konum bilgilerinin yazılmasına izin verdiğinizde emin olun (genelde bu ayarlar varsayılan açıktır). Telefonun fotoğraf uygulamasını açın biraz bekleyin (hassas konum için uyduların bulunması için önemli) daha sonra fotoğraf çekin. İster cep telefonunuzun galeri uygulamasından isterseniz internet üzerinden fotoğraftan konum bulma servislerini kullanarak tam konumunuzu bulabilirsiniz (internete konum bulmak için yüklenecek fotoğrafın başkaları tarafından görülebileceğini unutmayınız).

Enlem ve boylam koordinatlarının gösterimi 3 farklı sistem ile yapılmaktadır.

#### 1. Derece, Dakika, Saniye ( $D^{\circ} M' S''$ ) Gösterimi

Bu geleneksel yöntemdir ve derece ( $^{\circ}$ ), dakika ( $'$ ) ve saniye ( $''$ ) kullanılarak yazılır.

Örnek: Ankara:  $39^{\circ} 55' 24''$  K,  $32^{\circ} 51' 50''$  D

#### 2. Derece ve Ondalık Dakika ( $D^{\circ} M.M'$ ) Gösterimi

Bu gösterimde derece ve dakika tam sayı olarak, saniyeler ise ondalık olarak gösterilir.

Örnek: Ankara: 39° 55.4' K, 32° 51.83' D

### 3. Ondalık Derece (D.D°) Gösterimi (***GPS sistemlerinde en yaygın kullanılan format***)

Bu sistemde tüm değerler derece cinsinden ondalıklı olarak gösterilir.

Örnek: Ankara: 39.9233° K, 32.8639° D

Bu formatları birbirine çeviren online internet araçları mevcuttur.

Uydu görüntüleme teknolojileri, yeryüzünün uzaydan yüksek çözünürlüklü kameralar ve sensörler aracılığıyla görüntülenmesini sağlar. Bu görüntüler sayesinde büyük alanların detaylı şekilde incelenmesi mümkün olur. Uydu görüntüleri yalnızca fotoğraf çekmek için kullanılmaz; aynı zamanda farklı dalga boylarında ölçüm yapan sensörler sayesinde bitki örtüsü, toprak nemi, su kaynakları ve çevresel değişimler hakkında da bilgi elde edilebilir. Özellikle tarım alanında uydu görüntülerinin kullanımı son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır. Çiftçiler ve araştırmacılar uydu verilerini kullanarak ürün gelişimini takip edebilir, kuraklık riskini belirleyebilir ve verim tahminleri yapabilir.

Uydu verilerinin analiz edilmesinde kullanılan en önemli sistemlerden biri **Coğrafi Bilgi Sistemleri** yani GIS'tir. GIS, coğrafi verilerin toplanması, depolanması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesini sağlayan bilgisayar tabanlı bir sistemdir. Bu sistem sayesinde farklı kaynaklardan elde edilen veriler aynı platform üzerinde bir araya getirilebilir. Örneğin bir tarım alanı için toprak türü, yağış miktarı, sıcaklık verileri ve uydu görüntüleri GIS ortamında katman katman birleştirilerek analiz edilebilir. Böylece hangi bölgede hangi ürünün daha verimli yetişeceği gibi önemli kararlar bilimsel verilere dayanarak alınabilir.

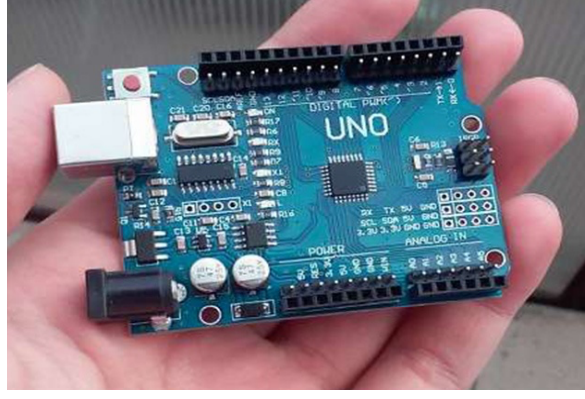
Tarımda GIS ve uydu haritalarının kullanılması "**hassas tarım**" olarak adlandırılan modern bir yaklaşımın temelini oluşturur. Hassas tarımda amaç, tarlanın her noktasını aynı şekilde değerlendirmek yerine o bölgenin özelliklerine göre işlem yapmaktır. Uydu görüntüleri ve sensör verileri sayesinde tarladaki bitki sağlığı, toprak nemi ve besin eksiklikleri belirlenebilir. Bu bilgiler doğrultusunda gübreleme, sulama ve ilaçlama işlemleri daha kontrollü yapılır. Böylece hem maliyetler düşer hem de çevreye verilen zarar azaltılır.

Haritalama ve küresel konumlandırma teknolojileri, insanlığın yeryüzünü anlama ve yönetme sürecinde büyük bir rol oynamaktadır. Geleneksel haritalardan pusulaya, GPS sistemlerinden uydu görüntülerine kadar gelişen teknolojiler sayesinde konum belirleme işlemleri çok daha hızlı ve doğru bir şekilde yapılabilmektedir. Özellikle coğrafi bilgi sistemleri ile bu verilerin analiz edilmesi, tarım başta olmak üzere birçok alanda verimliliğin artmasına katkı sağlamaktadır. Günümüzde bu teknolojiler yalnızca uzmanların değil, akıllı telefon kullanan hemen herkesin günlük yaşamında faydalandığı araçlar haline gelmiştir.

## **Saha Donanımları ve Sensör Teknolojileri**

Tarım, çevre izleme ve saha tabanlı araştırmalarda kullanılan elektronik sistemler, verinin doğrudan doğal ortamdan toplanmasını sağlayan özel donanımlar ve sensörlerden oluşur. Bu sistemler genellikle **düşük enerji tüketen, dış ortam koşullarına dayanıklı** ve **kablosuz iletişim yeteneğine sahip** cihazlardan meydana gelir. Saha donanımları ve sensör teknolojileri, modern akıllı tarım uygulamalarının temelini oluşturur. Bu teknolojiler sayesinde sıcaklık, nem, toprak özellikleri, bitki gelişimi ve çevresel koşullar sürekli olarak ölçülerek analiz edilebilir.

Sahada veri toplamak ve bu verileri işlemek için kullanılan en önemli bileşenlerden biri mikro veya mini işlemcilerdir. Bu işlemciler, sensörlerden gelen **analog** veya **dijital** verileri okuyarak belirli algoritmalar doğrultusunda işleyen küçük bilgisayarlardır. Günümüzde saha uygulamalarında en yaygın kullanılan donanımlar arasında **Arduino, Raspberry Pi, ESP32** ve **Jetson Nano** bulunmaktadır. Bu cihazlar boyutlarının küçük olmasına rağmen oldukça güçlü işlem kapasitelerine sahiptir. Mikrodenetleyici tabanlı sistemler özellikle düşük enerji tüketimi ve gerçek zamanlı veri toplama açısından avantaj sağlarken, tek kart bilgisayarlar daha karmaşık veri işleme ve görüntü analiz işlemleri için tercih edilir.



### *Arduino (UNO, Nano, Mega)*

Açık kaynaklı, Kolay programlanabilir, Geniş sensör ve modül desteği



### *ESP32 / ESP8266*

Dahili Wi-Fi ve Bluetooth, Düşük enerji tüketimi, IoT projeleri için uygun



### *Raspberry Pi (Zero, 3, 4, 5)*

Linux destekli, HDMI, USB, Ethernet, Wi-Fi, Görüntü işleme ve veri analizinde tercih edilir

Arduino gibi mikrodenetleyici platformları, sahadan gelen sensör verilerini toplamak ve basit kontrol işlemlerini gerçekleştirmek için oldukça uygundur. Bu sistemler genellikle düşük güç tüketir ve uzun süre pil veya güneş paneli ile çalışabilir. Raspberry

Pi gibi tek kart bilgisayarlar ise daha gelişmiş işletim sistemleri çalıştırabilir ve görüntü işleme, makine öğrenmesi veya veri analizi gibi daha karmaşık işlemleri gerçekleştirebilir. ESP32 ise hem mikrodenetleyici hem de kablosuz iletişim özelliklerini bir arada sunması sayesinde saha uygulamalarında oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Jetson Nano gibi daha güçlü sistemler ise özellikle yapay zeka ve görüntü tabanlı analiz uygulamalarında tercih edilir.

Saha verilerinin elde edilmesini sağlayan temel bileşenler sensörler ve transdüserlerdir. Sensörler fiziksel veya kimyasal bir değişimi algılayan ve bunu elektriksel bir sinyale dönüştüren cihazlardır. Transdüser kavramı ise bir enerji türünü başka bir enerji türüne dönüştüren daha genel bir terimdir. Tarımsal saha çalışmalarında en sık kullanılan sensörler arasında sıcaklık, nem, toprak nemi, yaprak ıslaklığı, ışık ve gaz sensörleri bulunmaktadır. Bu sensörler çevredeki fiziksel değişimleri sürekli ölçerek bitki yetiştirme ortamı hakkında önemli bilgiler sağlar.

Sıcaklık sensörleri ortamın veya toprağın sıcaklığını ölçmek için kullanılır ve genellikle yarı iletken elemanlar veya direnç değişimine dayalı prensiplerle çalışır. Ortam sıcaklığı bitki metabolizması, fotosentez ve büyüme hızını doğrudan etkilediği için tarımsal izleme sistemlerinde kritik bir parametredir. Nem sensörleri ise havadaki bağıl nem oranını ölçer ve genellikle kapasitif veya direnç tabanlı ölçüm prensiplerine dayanır. Hava nemi bitki hastalıklarının oluşumu açısından önemli bir faktördür çünkü birçok fungal hastalık yüksek nem koşullarında daha hızlı gelişir.

Toprak nem sensörleri, toprağın içerdiği su miktarını ölçerek sulama yönetiminde büyük rol oynar. Bu sensörler genellikle toprağın elektriksel iletkenliği veya dielektrik özelliklerindeki değişimi ölçerek çalışır. Toprak neminin doğru ölçülmesi, bitkilerin ihtiyaç duyduğu su miktarının belirlenmesini sağlar ve gereksiz sulamanın önüne geçerek su tasarrufu sağlar. Yaprak ıslaklığı sensörleri ise bitki yapraklarının üzerinde su veya nem bulunup bulunmadığını tespit eder. Bu sensörler özellikle bitki hastalıklarının tahmin edilmesinde kullanılır çünkü birçok patojen yaprak yüzeyinde su bulunduğu zaman daha kolay gelişir.

Işık sensörleri bitkilerin aldığı ışık miktarını ölçmek için kullanılır. Bitkiler fotosentez yapabilmek için belirli dalga boylarındaki ışığa ihtiyaç duyar. Bu nedenle tarımsal sensör sistemleri genellikle ışık yoğunluğunu veya fotosentetik aktif radyasyonu ölçebilen sensörler içerir. Gaz sensörleri ise atmosferde bulunan belirli gazların

konsantrasyonunu ölçer. Karbondioksit sensörleri özellikle sera ortamlarında bitki büyümesini optimize etmek için kullanılabilir çünkü fotosentez sürecinde bitkiler karbondioksiti kullanır.

Bitki sağlığının izlenmesinde yalnızca görünür ışık yeterli değildir. Görünür ışığın dışında kalan farklı dalga boyları bitkilerin fizyolojik durumları hakkında önemli bilgiler sağlayabilir. Bu nedenle modern tarımsal izleme sistemlerinde spektral algılama teknolojileri giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bitkiler farklı dalga boylarındaki ışığı farklı şekilde yansıtır veya emer. Özellikle kızılötesi ve yakın kızılötesi bölgelerdeki yansıma değerleri bitkinin sağlıklı olup olmadığı hakkında bilgi verebilir. Sağlıklı bitkiler genellikle yakın kızılötesi ışığı daha fazla yansıtırken stres altındaki bitkiler bu ışığı daha az yansıtır.

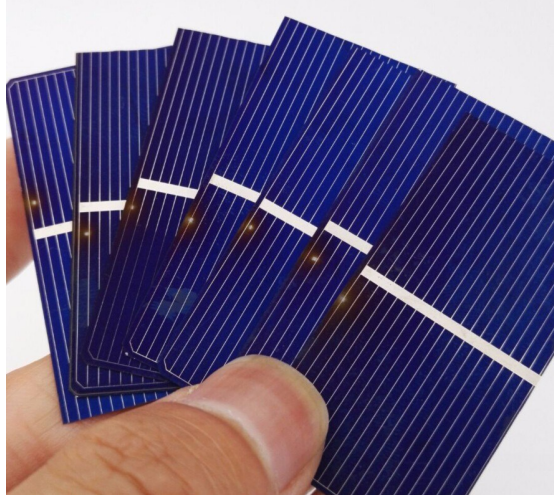
Spektral algılama teknolojileri, bitki stresinin erken tespit edilmesinde büyük avantaj sağlar. Kuraklık, besin eksikliği veya hastalık gibi durumlar bitkinin yaprak yapısını ve pigment içeriğini değiştirir. Bu değişiklikler spektral imzalarda farklılık oluşturur. Bu nedenle multispektral veya hiperspektral sensörler kullanılarak bitkilerin sağlık durumu uzaktan veya sahadan analiz edilebilir. Günümüzde bu tür sensörler hem dron sistemlerinde hem de sabit tarımsal izleme istasyonlarında kullanılmaktadır.

Saha ortamında çalışan donanımların yalnızca veri toplaması yeterli değildir; aynı zamanda zorlu çevre koşullarına dayanıklı olması gerekir. Tarla, sera veya açık arazi gibi ortamlarda sıcaklık değişimleri, nem, toz, yağmur ve güneş ışığı gibi birçok faktör elektronik sistemleri etkileyebilir. Bu nedenle saha donanımlarının tasarımında dayanıklılık önemli bir kriterdir. Elektronik bileşenlerin genellikle su geçirmez muhafazalar içinde korunması gerekir. Ayrıca cihazların aşırı ısınmasını önlemek için uygun havalandırma veya ısı dağıtma yöntemleri kullanılmalıdır.



*Mikrodenetleyici ve sensör muhafazası*

Saha sistemlerinin sürekli çalışabilmesi için uygun enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Çoğu saha uygulamasında elektrik şebekesine erişim bulunmadığı için alternatif enerji çözümleri kullanılır. Genellikle piller kullanılmakla birlikte, güneş panelleri de bu amaçla en yaygın kullanılan enerji kaynaklarından biridir. Güneş paneli tarafından üretilen enerji genellikle şarj edilebilir pillerde depolanır ve sistemin gece veya güneşsiz zamanlarda da çalışmasını sağlar. Düşük enerji tüketen veya uyku moduna giren mikrodenetleyici sistemler sayesinde bu tür enerji çözümleri uzun süre kesintisiz çalışma imkanı sunar.



*Güneş panelleri (Solar Charging Circuits)*

Toplanan verilerin merkezi bir sisteme aktarılması için iletişim teknolojileri kullanılır. Saha uygulamalarında farklı kablosuz iletişim protokolleri tercih edilebilir. Wi-Fi teknolojisi kısa mesafeli ve yüksek veri aktarım hızına sahip bağlantılar için uygundur. GSM tabanlı iletişim sistemleri ise mobil ağ altyapısını kullanarak geniş alanlarda veri aktarımına olanak sağlar. LoRa gibi düşük güç tüketimli uzun menzilli iletişim teknolojileri ise özellikle tarımsal alanlarda çok sayıda sensörün düşük enerji tüketimiyle uzun mesafelerden veri göndermesine imkan tanır. Buna benzer olarak düşük mesafeli ve düşük hızlı bir haberleşme protokolü de Bluetooth'tur. Bu teknolojinin iletişim mesafesi çok kısa olduğu için tercih edilmezken ancak arazideki cihazların kendi arasında haberleşmesinde kullanılan yöntemlerden bir tanesidir. Bluetooth veya Zigbee gibi düşük mesafeli ucuz iletişim çözümleri, cihazların arazi içinde kendi arasında mesh denilen zayıf ağ ile bağlanmasına olanak sağlarken, içlerinden bir tanesi GSM gibi güçlü ve uzak mesafe haberleşme sistemine bağlanarak tümünün veri göndermesini mümkün kılar (Bu modeli düşünerek ağın neresi LAN neresi WAN anlamaya çalışınız).

Saha donanımları ve sensör teknolojileri, tarım ve çevre yönetimi alanlarında veri temelli karar verme süreçlerinin temelini oluşturur. Bu sistemler sayesinde üreticiler ve araştırmacılar çevresel koşulları sürekli izleyebilir, bitki sağlığını değerlendirebilir ve gerekli müdahaleleri doğru zamanda yapabilir. Sensörlerden elde edilen veriler büyük veri analizleri ve yapay zeka yöntemleri ile birleştirildiğinde daha verimli, sürdürülebilir ve hassas tarım uygulamaları geliştirmek mümkün hale gelir.

Aşağıda bazı sensörler, neyi ölçtükleri ve tarımdaki kullanım alanları verilmiştir.

Sensör Türü	Ölçtüğü Parametre	Tarımdaki Kullanımı
Sıcaklık sensörü	Ortam veya toprak sıcaklığı	Bitki gelişimi, don riski takibi
Bağıl nem sensörü	Havadaki nem oranı	Hastalık tahmini, sera kontrolü
Toprak nem sensörü	Toprak su içeriği	Akıllı sulama sistemleri
Toprak sıcaklık sensörü	Toprak sıcaklığı	Çimlenme ve kök gelişimi analizi
Yaprak ıslaklığı sensörü	Yaprak yüzeyinde su varlığı	Fungal hastalıklarının tahmini
Işık yoğunluğu sensörü	Işık miktarı (lux)	Fotosentez ve sera aydınlatma kontrolü
PAR sensörü	Fotosentetik aktif radyasyon	Bitki büyüme analizleri
UV sensörü	Ultraviyole ışık	Bitki stres analizi
Kızılötesi sensör	IR ışık yansımaları	Bitki sağlığı ve stres tespiti
Multispektral sensör	Farklı dalga boyları	Bitki hastalık ve stres analizi
Hiperspektral sensör	Çok geniş spektrum	Bitki türü ve sağlık durumu analizi
CO <sub>2</sub> sensörü	Karbondioksit miktarı	Sera fotosentez optimizasyonu
O <sub>2</sub> sensörü	Oksijen seviyesi	Toprak havalanması analizi
Amonyak sensörü	NH <sub>3</sub> gazı	Gübreleme ve hayvancılık alanları
Metan sensörü	CH <sub>4</sub> gazı	Hayvansal üretim ve çevre izleme

Rüzgar hızı sensörü (Anemometre)	Rüzgar hızı	İlaçlama planlaması
Rüzgar yön sensörü	Rüzgar yönü	Tarımsal ilaç uygulamaları
Yağmur sensörü	Yağış miktarı	Sulama planlaması
Barometrik basınç sensörü	Atmosfer basıncı	Hava tahmini
Toprak pH sensörü	Toprak asitlik derecesi	Gübreleme yönetimi
Elektriksel iletkenlik sensörü	Toprak tuzluluğu	Toprak verimliliği analizi
NPK sensörü	Azot, fosfor, potasyum	Gübre yönetimi
Toprak oksijen sensörü	O <sub>2</sub> seviyesi	Kök solunumu takibi
Toprak tuzluluk sensörü	Tuz konsantrasyonu	Tuz stresi tespiti
Su seviyesi sensörü	Su yüksekliği	Sulama kanalları ve depolar
Debi sensörü	Su akış hızı	Sulama sistemi kontrolü
Bulanıklık sensörü	Su berraklığı	Sulama suyu kalitesi
pH sensörü (su)	Su asitliği	Hidroponik sistemler
Çözünmüş oksijen sensörü	Suda O <sub>2</sub> miktarı	Su kalitesi takibi
Kamera sensörü	Görüntü	Bitki büyüme takibi
Termal kamera	Sıcaklık dağılımı	Bitki su stresi analizi
GPS sensörü	Konum	Hassas tarım, traktör yönlendirme
İvmeölçer	Hareket ve titreşim	Tarım makineleri izleme
Manyetometre	Manyetik alan	Navigasyon ve yön bulma



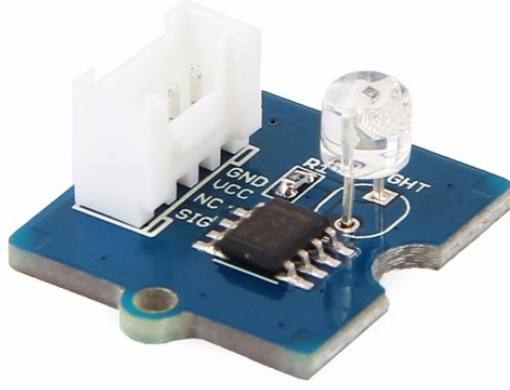
*Sıcaklık/Nem Sensörü (DHT11, DHT22, BME280)*



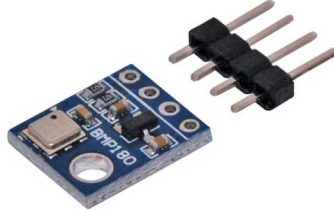
*Gaz Sensörleri (MQ serisi)*



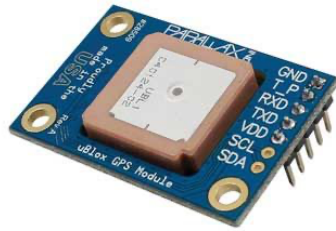
*Hareket Sensörleri (PIR, ultrasonik)*



*Işık Sensörleri (LDR, TSL2561)*



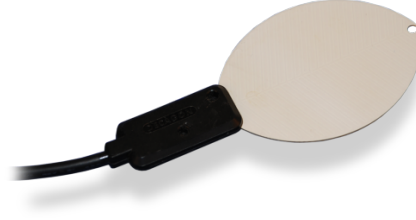
*Basınç Sensörleri (BMP180, BMP280)*



*Konum/GPS Modülleri (NEO-6M)*



*Toprak nemi*



*Yaprak ıslaklığı*



*Kamera*

**Nesnelerin İnterneti (IoT)**, fiziksel dünyadaki cihazların internet üzerinden birbirleriyle veri alışverişi yapabildiği, sensörler ve yazılımlar aracılığıyla çevrelerini algılayıp tepki verebildiği bir sistem bütünüdür. Bu yapı sayesinde sadece bilgisayarlar ve telefonlar değil; traktörler, sulama sistemleri, sera ekipmanları, toprak sensörleri ve hatta hayvan takip cihazları bile “akıllı” hale gelir. IoT’nin temelinde, veri toplama (sensörler), veri iletimi (internet veya kablosuz ağlar) ve veri işleme (bulut sistemleri

veya yerel sunucular) süreçleri bulunur. Bu üç bileşen birlikte çalışarak sistemin otomatik kararlar almasını veya kullanıcıya anlamlı bilgiler sunmasını sağlar. Tarım gibi çevresel değişkenlerin çok yoğun olduğu bir alanda IoT, insan müdahalesini azaltırken verimliliği artıran kritik bir teknoloji haline gelmiştir.

Tarımsal otomasyonda IoT'nin en önemli katkılarından biri, anlık veri toplama ve bu verilerin analiz edilerek karar mekanizmasına dönüştürülmesidir. Örneğin bir tarlaya yerleştirilen toprak nem sensörleri, sürekli olarak toprağın su seviyesini ölçer ve bu verileri sisteme iletir. Sistem, belirlenen eşik değerlerin altına düştüğünde otomatik olarak sulama sistemini devreye sokabilir. Bu sayede hem gereksiz su tüketimi önlenir hem de bitkiler ideal koşullarda yetiştirilir. Aynı şekilde sıcaklık ve nem sensörleri sayesinde seralarda iklim kontrolü sağlanabilir. Bu tür otomasyonlar, klasik yöntemlere göre çok daha hassas ve verimli sonuçlar ortaya çıkarır.

IoT'nin tarımda bir diğer önemli kullanım alanı, bitki ve hayvan sağlığının izlenmesidir. Bitkilerde hastalık belirtilerini erken tespit edebilen sensörler veya kameralar sayesinde, üreticiler müdahaleyi zamanında yapabilir ve ürün kaybını minimize edebilir. Hayvancılıkta ise hayvanlara takılan akıllı bileklikler veya çipler sayesinde hareket, beslenme ve sağlık durumları takip edilebilir. Örneğin bir hayvanın normalden daha az hareket ettiği tespit edildiğinde sistem bunu bir sağlık sorunu olarak algılayıp üreticiye uyarı gönderebilir. Bu yaklaşım, geleneksel gözlem yöntemlerine göre çok daha hızlı ve güvenilir sonuçlar sağlar.

Veri analizi ve yapay zeka ile birleşen IoT sistemleri, tarımda tahminleme ve planlama süreçlerini de güçlendirir. Geçmiş veriler ve anlık sensör verileri birlikte değerlendirilerek hava koşulları, sulama ihtiyacı, gübreleme zamanı gibi kritik kararlar önceden tahmin edilebilir. Bu durum çiftçilere sadece anlık kontrol değil, aynı zamanda stratejik planlama avantajı da sunar. Örneğin bir bölgede beklenen yağış miktarına göre sulama programı önceden ayarlanabilir. Böylece kaynak kullanımı optimize edilir ve maliyetler düşürülür.

IoT'nin sağladığı bir diğer önemli avantaj ise uzaktan erişim ve kontrol imkanıdır. Çiftçiler, akıllı telefonları veya bilgisayarları üzerinden tarlalarını veya seralarını dünyanın herhangi bir yerinden izleyebilir ve kontrol edebilir. Bu durum özellikle büyük ölçekli tarım işletmeleri için büyük kolaylık sağlar. Aynı zamanda iş gücü

ihtiyacını azaltır ve insan hatasını minimum seviyeye indirir. Örneğin bir çiftçi, gece saatlerinde sıcaklık düşüşü yaşandığını fark ettiğinde uzaktan ısıtma sistemini devreye alabilir.

Ancak IoT'nin tarımda kullanımı bazı zorlukları da beraberinde getirir. Altyapı eksiklikleri, özellikle kırsal bölgelerde internet bağlantısının yetersiz olması, sistemlerin verimli çalışmasını engelleyebilir. Ayrıca ilk kurulum maliyetleri bazı üreticiler için yüksek olabilir. Veri güvenliği de önemli bir konudur; çünkü tüm sistemler internet üzerinden çalıştığı için siber saldırılara açık hale gelebilir. Bu nedenle güvenli veri iletimi ve sistem koruması büyük önem taşır.

IoT, tarım sektöründe dijital dönüşümün temel taşlarından biridir. Daha az kaynakla daha fazla üretim yapmayı mümkün kılan bu teknoloji, sürdürülebilir tarımın da anahtar unsurlarından biri olarak görülmektedir. Su, enerji ve gübre gibi kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlarken, ürün kalitesini ve verimi artırır. Gelecekte IoT'nin yapay zeka, büyük veri ve otonom sistemlerle daha da entegre hale gelmesiyle tarımın çok daha akıllı ve kendi kendini yöneten bir yapıya dönüşmesi beklenmektedir.

## **Bitki Korumada Erken Uyarı Sistemleri**

Karar Destek Sistemleri (DSS), tarımda özellikle hastalık ve zararlı yönetimi gibi kritik konularda üreticilere bilimsel ve veriye dayalı karar alma imkanı sunan yazılım ve analiz sistemleridir. Bu sistemler, sahadan toplanan verileri (hava durumu, toprak nemi, sıcaklık, bitki gelişim durumu gibi) geçmiş bilgiler ve modellerle birlikte değerlendirerek çiftçiye “ne zaman, nerede ve nasıl müdahale edilmeli” sorularına net cevaplar üretir. Geleneksel yöntemlerde çoğu karar deneyime veya gözleme dayanırken, DSS kullanımıyla birlikte kararlar daha objektif ve ölçülebilir hale gelir.

Hastalık ve zararlı yönetiminde DSS'nin en önemli rolü, erken uyarı ve tahminleme yapabilmesidir. Örneğin belirli bir bitki hastalığının ortaya çıkması için gerekli sıcaklık ve nem koşulları biliniyorsa, sistem bu koşullar oluştuğunda üreticiyi önceden uyarır. Böylece hastalık yayılmadan önce önlem alınabilir. Aynı şekilde zararlı popülasyonlarının artışı da belirli çevresel faktörlere bağlı olduğu için DSS bu verileri analiz ederek risk seviyesini hesaplar. Bu yaklaşım, gereksiz ilaç kullanımını azaltırken doğru zamanda doğru müdahale yapılmasını sağlar.

Bu sistemler genellikle matematiksel modeller, istatistiksel analizler ve giderek daha fazla yapay zeka teknikleri kullanır. Model tabanlı DSS'ler, bitki hastalıklarının yayılımını simüle edebilirken; veri odaklı sistemler geçmiş yılların verilerini analiz ederek benzer durumlara karşı öneriler sunar. Kullanıcı dostu arayüzler sayesinde çiftçiler karmaşık verilerle uğraşmadan doğrudan önerilere ulaşabilir. Örneğin “3 gün içinde ilaçlama yapılmalı” veya “şu an müdahale gereksiz” gibi net çıktılar alınabilir.

Bitki korumada erken uyarı sistemleri, tarımsal üretimde hastalık ve zararlıların verim kaybına neden olmadan önce tespit edilmesini, gelişim süreçlerinin tahmin edilmesini ve en uygun mücadele zamanının belirlenmesini sağlayan entegre teknolojik altyapılardır. Bu sistemlerin temel felsefesi, “takvimsel” ilaçlama (belirli aralıklarla yapılan rutin ilaçlama) yerine, sadece “gerektiğinde” ve “hedefe yönelik” müdahale yapılmasını sağlamaktır. Sistem; arazideki sıcaklık, nispi nem, yaprak ıslaklığı ve yağış miktarı gibi kritik iklim verilerini anlık olarak takip eden biyoklimatik istasyonlardan beslenir. Toplanan bu veriler, ilgili patojenin veya zararlının biyolojik yaşam döngüsünü modelleyen bilgisayar yazılımları tarafından analiz edilir. Eğer iklim koşulları bir enfeksiyonun başlaması veya bir zararlının popülasyon patlaması yapması için uygun değerlere (optimum sıcaklık ve nem süresi gibi) ulaşmışsa, sistem üreticiye dijital kanallar aracılığıyla uyarı gönderir. Bu yaklaşım, gereksiz ilaç kullanımını %30 ila %50 oranında azaltarak hem girdi maliyetlerini düşürür hem de ekosistemin korunmasına ve kalıntısız gıda üretimine doğrudan katkı sağlar.

### **Örnek model: Bağ Mildiyösü (*Plasmopara viticola*)**

Bağ mildiyösü, erken uyarı sistemlerinin en başarılı uygulandığı alanlardan biridir. Bu hastalığın gelişimi tamamen hava koşullarına bağlıdır ve sistem şu mantıkla çalışır:

**Veri Toplama:** Bağ içerisine yerleştirilen istasyon, özellikle ilkbahar sürgün gelişim döneminde kritik verileri ölçer. **Kritik Eşik (3-10 Kuralı):** Hastalığın primer (ilk) enfeksiyonu başlatabilmesi için sistem şu verileri kontrol eder: Toprak sıcaklığının en az 10 °C olması, sürgünlerin en az 10 cm boya ulaşmış olması ve son 24 saat içinde en az 10 mm yağış düşmesi. **Modelin Çalışması:** Eğer bu “10-10-10” koşulu gerçekleşirse, sistem kışlayan sporların (oospor) çimlenip yaprağa ulaşabileceğini hesaplar. Ancak iş burada bitmez; yaprak üzerindeki serbest suyun (yaprak ıslaklığı) süresi ve o anki sıcaklık, enfeksiyonun şiddetini belirler. **Uyarı:** Sistem, iklim verilerini analiz ederek “Enfeksiyon riski %50, önümüzdeki 24 saat içinde ilaçlama yapılması önerilir” şeklinde

bir çıktı üretir. Çiftçi, hastalık belirtilerini (yağ lekeleri) henüz görmeden, sporlar dokuya girmeden koruyucu müdahalesini yapar.

Sistemin Çalışma Algoritması (varsayımsal):

**İnokulasyon Kontrolü (Sensör: Pluviometre [yağış sensörü]):** Son 24 saatte  $\geq 10$  mm yağış var mı? Hayır: Beklemede kal; Evet: 2. Adıma geç.

**Penetrasyon Kontrolü (Sensör: Yaprak Islaklığı):** Sıcaklığa bağlı olarak ( $>10$ ) yaprak yeterli süre ıslak kaldı mı? (minimum 4 saat). Hayır: Sporlar kurudu, enfeksiyon başarısız. Evet: Termal Sabit Gün Derece Formülünü ( $A=\sum(T-8)$ ) çalıştırmaya başla.

**Inkubasyon Takibi (Sensör: Sıcaklık sensörü):** Her günün ortalama sıcaklığından  $8$  °C çıkar ve gün gün topla.  $30$ 'a ulaştığında (%50) alarm ver ve ilk müdahalenin yapılması için bildirim yolla.  $60$ 'a ulaştığında artık kritik seviyeye ulaşıldığını bildirim olarak yolla.

Özetle: Yağış ve Yaprak Islaklığı “Enfeksiyonun Başladığı Anı” mühürler; Sıcaklık ise “Hastalığın Ne Kadar Hızlı İlerlediğini” hesaplar.

Primer enfeksiyon gerçekleştikten sonra o ilk sporlar içeri girer, ancak bu sürecin ne kadar süreceği ve sonrasında ne kadar büyük bir salgın (epidemi) çıkacağı tamamen iklim koşullarına bağlıdır. Hastalık içeri girdiğinde hemen belirti vermez. Eğer hava serinse (örneğin  $12$  °C), inkubasyon süresi  $10-12$  gün sürebilir. Eğer hava sıcaksa ( $22$  °C), bu süre  $4$  güne iner (Yukarıdaki gün derece formülüne bakınız). Yaprak ıslaklığının devam eden önemi: Eğer ilk enfeksiyondan sonra hava çok kuru giderse, o yağ lekeleri spor oluşturamaz ve hastalık “hapis” kalır. Ancak yapraklar tekrar ıslanırsa (çiğ veya yağmur), o lekelerden milyonlarca yeni spor saçılarak bağın tamamını  $48$  saatte kurutabilir. Sistem bu ikinci dalganın şiddetini de ölçebilir.

Örneğin şöyle bir senaryo oluşabilir. Eğer böyle bir erken uyarı sistemi yoksa, ilk yağmurlarda “Eyvah hastalık olacak” diyerek hemen ilaç atılması gerektiği düşünülebilir. Ama erken uyarı sistemi şunu diyebilir: “Evet yağmur yağdı ama bitkilerdeki yeni sürgünler yeteri kadar büyümedi daha, ayrıca hava o kadar serin ki etmen çok yavaş ilerliyor, acele etme, ilacını  $5$  gün sonra atarsan daha etkili olur.” Bu

da koruyuculuğu öteleyerek hem işçilikten hem de ilaçtan tasarruf sağlamakla birlikte ilaçlama sayısını ciddi düzeyde azaltmaktadır.

(Bu konuda bir simülasyon örneği <https://uozyilmaz.com/files/erkenuyari.html> adresinde verilmiştir, inceleyiniz. Ayrıca Bağ Mildiyösünün hastalık çemberini inceleyerek bu sistemle bağdaştırmaya çalışınız)

## **Çalışan Modeller ve Mevcut Sistemler**

Dünyada ve Türkiye’de bu konuda rüştünü ispatlamış, aktif olarak kullanılan yazılımsal ve donanımsal modeller bulunmaktadır: **Gali-Meteo Modeli:** Özellikle bağ mildiyösü için geliştirilmiş, sıcaklık ve yaprak ıslaklık süresini baz alan en yaygın modellerden biridir.

**Mills Tablosu:** Elma karalekesi (*Venturia inaequalis*) mücadelesinde dünya standardıdır. Sıcaklık ile yaprak ıslaklık süresi arasındaki ilişkiye göre enfeksiyon riskini “hafif, orta, şiddetli” olarak sınıflandırır (Bu linki inceleyiniz ve değerler arasında bağ kuracak bir formül geliştirmeye çalışınız (korelasyon/regresyon) <https://www.apsnet.org/edcenter/pdlessons/Pages/AppleScab.aspx>). **Metos (Pessl Instruments):** Dünya genelinde yaygın kullanılan, içinde önceden tanımlanmış yüzlerce hastalık modeli (mildiyö, külleme, pas, meyve iç kurdu vb.) barındıran ticari bir istasyon ve yazılım ekosistemidir.

Türkiye’deki Durum: Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde kurulu olan Hava Tahmin ve Erken Uyarı Sistemi bulunmaktadır. Birçok ilde (örneğin Aydın, Manisa, İzmir gibi bağ ve zeytin alanlarında) bu istasyonlar verileri merkeze iletir ve bölge müdürlükleri üzerinden üreticilere SMS veya mobil uygulama yoluyla “ilaçlama zamanı gelmiştir” uyarısı yapılır.

Erken uyarı sistemleri artık sadece basit birer sensör değil; yapay zeka ve makine öğrenmesi ile desteklenen, geçmiş yılların verileriyle kendini optimize eden dinamik karar destek mekanizmalarıdır.

## **Yapay Zeka Teknolojileri**

Yapay zeka (YZ), kısaca bilgisayarların insan gibi düşünebilmesi, öğrenebilmesi ve karar verebilmesi için geliştirilen teknolojilerin genel adıdır. “Yapay” kelimesi insan

yapımı ya da makine tabanlı anlamına gelirken, “zeka” kavramı problem çözme, anlama ve öğrenme yeteneklerini ifade eder. Dolayısıyla yapay zeka, doğal olarak insanlara ait olan bu zihinsel güçleri makinelere kazandırmayı hedefler.

En basit anlatımıyla; bir bilgisayara önceden bütün kuralları tek tek yazmak yerine, bilgisayarın örneklerden kendi başına kural öğrenmesini sağlamak yapay zekanın temel mantığıdır. Örneğin elmayı armuttan ayırt etmek için bir programa “elmalar kırmızıdır, yuvarlaktır” gibi kurallar yazmak yerine, binlerce elma ve armut fotoğrafı gösterip programın kendi başına ayırt etmeyi öğrenmesini sağlamak mümkündür.

## **Kısa Tarihçe**

Yapay zeka kavramı ilk kez 1956 yılında John McCarthy tarafından ortaya atılmıştır. Bundan önce 1950’de Alan Turing, “Makineler düşünebilir mi?” sorusunu sormuş ve “Turing Testi” adıyla bilinen bir sınavı önermiştir: Bir insanla bir makineyi metin üzerinden konuşturan biri, karşı tarafın insan mı makine mi olduğunu anlayamıyorsa, o makine insan gibi “düşünüyor” sayılabilir.

Dönem	Gelişme
1950’1960	Turing Testi, ilk mantık programları, “yapay zeka” teriminin doğması
1970’1980	Uzman sistemler: tıp tanı, madencilik, kimya alanında ilk uygulamalar
1990’2000	Deep Blue satranç şampiyonunu yendi (1997), makine öğrenmesi yükselişe geçti
2010’lar	Derin öğrenme (GPU destekli), görüntü tanıma, ses tanıma devrimi
2020’ler	ChatGPT, Gemini gibi büyük dil modelleri; tarım, sağlık, hukuk uygulamaları

## **Temel Kavramlar**

### **Makine Öğrenmesi (Machine Learning)**

Makine öğrenmesi, yapay zekanın en önemli alt dalıdır. Temel fikir şudur: bir programa çok sayıda örnek veri gösterilir ve program bu verilerden desen çıkararak kendiliğinden kural öğrenir. Bir spam filtresi buna iyi örnektir; binlerce spam ve spam olmayan e-posta gösterilen program, yeni bir e-posta geldiğinde spam olup olmadığına kendisi karar verebilir hale gelir.

## **Derin Öğrenme (Deep Learning)**

Derin öğrenme, makine öğrenmesinin özel bir türüdür ve insan beynindeki sinir ağlarından ilham alır. Çok katmanlı yapay sinir ağları kullanılır; her katman veriyi giderek daha soyut bir biçimde işler. Örneğin bir bitki yaprağı fotoğrafı verildiğinde ilk katmanlar kenar ve renk bilgisini, orta katmanlar doku ve şekil bilgisini, son katmanlar ise “bunlar *Phytophthora* sporlarıdır” bilgisini üretir. Görüntü işleme, ses tanıma ve dil çevirisi uygulamalarının büyük kısmı derin öğrenmeye dayanır.

## **Büyük Dil Modelleri (Large Language Models – LLM)**

ChatGPT, Gemini veya Claude gibi uygulamalar büyük dil modelleri üzerine inşa edilmiştir. Bu modeller, internet'teki milyarlarca metin üzerinde eğitilmiş ve insan dilini anlamayı öğrenmiştir. Bir soruya metin olarak yanıt üretmek, rapor yazmak, kod yazmak gibi görevleri yerine getirebilirler. Bu modellerin ortaya çıkması 2020'li yıllarda gerçekleşmiş ve yapay zekayı toplumun geniş kesimlerine ulaştırmıştır.

### **Önemli Ayırım**

Yapay Zeka (YZ) en geniş kavramdır. Makine Öğrenmesi (MÖ), YZ'nin bir alt dalıdır. Derin Öğrenme (DÖ), MÖ'nin sinir ağlarına dayanan özel bir türüdür. Yani her derin öğrenme sistemi bir makine öğrenmesi sistemidir; ancak her makine öğrenmesi sistemi derin öğrenme kullanmaz.

## **Yapay Zekanın Türleri**

Yapay zeka, yeteneklerine göre iki ana gruba ayrılır:

**Dar (Zayıf) Yapay Zeka:** Yalnızca belirli bir görevi yerine getirecek şekilde tasarlanmış sistemlerdir. Satranç oynayan IBM Deep Blue, Netflix'in film öneri sistemi, telefonunuzdaki parmak izi tanıma veya bir bitkinin hastalığını tespit eden uygulama - bunların tümü dar yapay zeka örnekleridir. Bugün kullanımda olan tüm yapay zeka sistemleri bu kategoridedir.

**Genel (Güçlü) Yapay Zeka:** Herhangi bir bilişsel görevi öğrenip yerine getirebilecek, insan düzeyinde genel zekaya sahip sistemdir. Henüz gerçekleştirilememiştir; bilim kurgu filmlerindeki robot karakterlere benzer.

Araştırmacılar bu konuda çalışmakla birlikte, gerçekleşmesi için daha yıllar gerekmektedir.

## **Günlük Hayattan Yapay Zeka Örnekleri**

Yapay zeka aslında zaten hayatımızın her yerindedir; çoğu zaman farkında bile olmayız. Aşağıda sıklıkla karşılaşılan birkaç örnek verilmektedir:

### **Akıllı Telefon Uygulamaları**

Yüz tanıma ile ekran kilidi açma (Face ID)  
Sesli asistanlar: Siri, Google Asistan, Alexa - konuşma dilini anlayan YZ sistemleridir  
Fotoğraf çekerken otomatik sahne tanıma (gündüz/gece/yiyecek/bitki)  
Klavyede kelime tamamlama önerisi

### **İnternet Hizmetleri**

Google Arama: Yazdığınızı anlayıp en alakalı sonucu sıralayan YZ motoru  
Netflix, Spotify, YouTube: Bir sonraki ne izleyeceğinizi veya dinleyeceğinizi tahmin eden öneri algoritması  
E-posta spam filtresi: Gelen postaların spam olup olmadığını belirleyen sınıflandırıcı  
ChatGPT, Gemini, Claude gibi sohbet yapay zekaları

### **Taşımacılık ve Lojistik**

Google Maps ve Waze: Trafik tahmini yaparak en hızlı rotayı öneren YZ  
Otonom araçlar: Etrafını görüp anlayan ve kendi kendine süren taşıtlar  
Kargo şirketlerinde paket sıralama ve rota optimizasyonu

### **Sağlık**

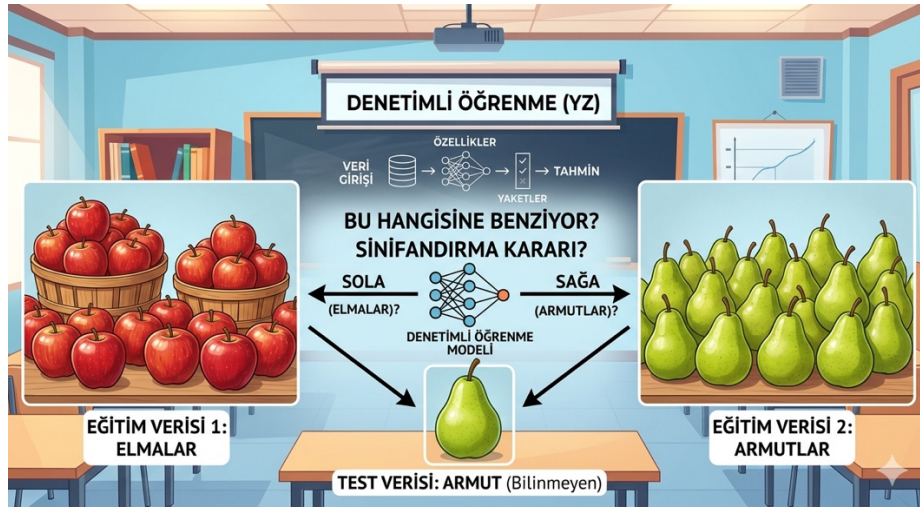
Röntgen ve MR görüntülerinden hastalık tespiti (akciğer kanseri, göz hastalıkları)  
Deri kanseri teşhisi için cilt fotoğrafı analizi  
Hastanelerde hasta risk skorlaması ve yatış süresi tahmini

## **Yapay Zeka Nasıl Öğrenir? - Temel Mantık**

Yapay zeka sistemlerinin öğrenmesi, genellikle üç farklı yaklaşımla gerçekleşir:

Denetimli Öğrenme (Supervised Learning): Sisteme etiketli örnekler verilir. Örneğin, “bu fotoğraf mildiyö hastalığı” ve “bu fotoğraf sağlıklı yaprak” etiketleriyle binlerce

görüntü gösterilir. Sistem bu örneklerden ayırt edici özellikleri öğrenir ve yeni bir fotoğraf geldiğinde hangi etiketi vereceğine kendisi karar verir.



Denetimsiz Öğrenme (Unsupervised Learning): Sisteme etiket verilmez; sistem verideki benzerlikleri ve farklılıkları kendi başına keşfeder. Hastalıklı bitkiler belirli spektral özelliklere göre, etiket bilinmeden otomatik olarak gruplanabilir.



Pekiştirmeli Öğrenme (Reinforcement Learning): Sistem bir ortamda eylem gerçekleştirir ve aldığı geri bildirimlere göre ödül veya ceza alır. Oyun oynayan yapay zekalar (satranç, Go, video oyunları) ve özerk drone navigasyon sistemleri bu yöntemi kullanır.

## **Bitki Korumada Yapay Zeka**

Tarım sektörü, yapay zeka teknolojilerinden büyük ölçüde yararlanan alanlardan biri haline gelmektedir. Bitki koruma çalışmalarında geleneksel yöntemler gözlem, sayım ve uzmana bağlı değerlendirmeyi gerektirirken; yapay zeka bu süreçlerin bir kısmını hızlandırabilmekte, otomatikleştirebilmekte ve daha büyük ölçekte uygulanabilmesini sağlayabilmektedir.

Bu uygulamaların temeli, çoğunlukla görüntü işleme ve makine öğrenmesinin bir araya gelmesidir. Bir dron ya da akıllı telefon kamerasıyla çekilen bitki fotoğrafları, bir yapay zeka modeli tarafından analiz edilerek etmen tespiti, sayım, bitki gelişimi değerlendirmesi gibi görevler yerine getirilebilir.

### **Hastalık ve Zararlı Tespiti**

#### **Yaprak Görüntüsüyle Hastalık Tanısı**

Derin öğrenme tabanlı görüntü sınıflandırma modelleri (CNN – Convolutional Neural Network), hastalıklı yaprak fotoğraflarından eğitilerek birden fazla hastalığı ayırt edebilmektedir. Bu alanda en çok alıntı yapılan çalışmalardan biri PlantVillage veri setidir: 54 bitki türü ve 26 hastalığı kapsayan 87.000'den fazla yaprak görüntüsü içermektedir. Bu veri seti ile eğitilen modeller, doğruluk oranları çoğu durumda %95'in üzerinde görüntü tanıma başarısı sergileyebilmektedir.

#### **Zararlı Tespiti ve Sayımı**

Tuzakların içindeki böceklerin fotoğraflarını alan kameralar, bir yapay zeka modeli tarafından günlük olarak analiz edilerek zararlının populasyon seyri (artış veya azalış eğilimi) izlenebilir. Özellikle:

#### **Uzaktan Algılama ve Drone Entegrasyonu**

Drona entegre edilen çok bantlı (multispektral) kameralar, insan gözünün göremediği dalga boylarında görüntü yakalar. Bu görüntüler üzerinden hesaplanan değerler arazi üzerindeki bitki sağlığının renk haritasını ortaya çıkarır.

Yapay zeka, bu haritayı otomatik olarak yorumlayarak:

stres bölgelerini (su eksikliği, besin eksikliği, hastalık) otomatik tespit edebilir,

ilaçlama gereken parseli diğerlerinden ayırt edebilir,  
bitki sayımı ve bitki gelişme izlemesi yapabilir.

Bu sayede bir tarım işletmesinin tüm arazisinin her hafta drone ile taranması, elde edilen görüntülerin yapay zeka tarafından analiz edilmesi ve yalnızca sorunlu noktalara müdahale edilmesi hem zamandan hem de pestisit maliyetinden tasarruf sağlamaktadır.

### Erken Uyarı Sistemleri

Erken uyarı sistemleri, hava durumu verileri, fenoloji bilgisi ve geçmiş hastalık verileri bir araya getirilerek gelecekteki hastalık baskısını tahmin eder. Bu sistemlerin büyük çoğunluğunda yapay zeka modelleri kullanılmaktadır.

Elma ve armut karalekesi (*Venturia inaequalis*): Spor serbest bırakma tahmini yapay zeka ile iyileştirilmekte  
Bağda *Plasmopara viticola*: Sıcaklık, nem ve yağış kombinasyonu ile enfeksiyon risk skoru hesaplanması  
Tahıllarda pas hastalıkları: Uydu verisi, hava kütlesi hareket güzergâhları ve YZ tahmini bir arada kullanılmakta  
Türkiye’de Tarım ve Orman Bakanlığı’na bağlı bazı iller için hastalık tahmin platformları kullanılmaktadır

### Karar Destek Sistemleri ve Eşik Değer Analizi

Bitki korumada mücadele kararı vermek için “eşik değer” kavramı kullanılır; zararlı yoğunluğu belirli bir eşiği aştığında mücadele öngörülmektedir. Yapay zeka tabanlı karar destek sistemleri:

sayım verilerini, iklim tahminlerini ve bitkinin fenolojik evresini bir arada değerlendirir,  
eşik değerinin aşıp aşılmadığına dair olasılıksal bir tahmin üretir,  
uygulama günü, doz ve preparat önerisi sunabilir.

Bu yaklaşım hem gereksiz ilaçlamayı önler hem de mücadele verimliliğini artırır.

### Sınırlamalar ve Dikkat Edilmesi Gerekenler

Veri kalitesi belirleyicidir. Giriş fotoğrafı çok düşük çözünürlükte veya kötü ışıkta çekilmişse model yanlış tanı yapabilir.

Eğitim dışı durumlar. Model, eğitilmediği bir hastalık veya çevre koşuluyla karşılaştığında güvenilir sonuç üretir.

Yerel çeşitlilik. Yerel patojene ait atipik belirtiler veya tanıdık olmayan nesnelere modeli yanılabilir.

YZ bir karar destek aracıdır, karar verici değildir. Nihai tanı ve mücadele kararı mutlaka uzman incelemesine dayanmalıdır.

Veri gizliliği. Bulut tabanlı uygulamalara yüklenen araziye ait fotoğraf ve konum bilgileri uygulama şirketinin sunucularında saklanır; kullanım koşullarının incelenmesi önerilir.

## **Geleceğin Perspektifi**

Yapay zekanın tarım ve bitki korumadaki rolü her yıl genişlemektedir. Yakın gelecekte beklenen gelişmeler şunlardır:

- Otomatik bitki sayımı ve görüntü tabanlı verim tahmini
- Hassas pestisit uygulaması (spot treatment): Drone'ların yalnızca hastalıklı bölgeye ilaçlama yapması
- Sensör-YZ entegrasyonu: Sıcaklık, nem, CO<sub>2</sub> ve bitki büyüme verisini birleştiren sera otomasyon sistemleri
- Geniş kapsamlı uydu verisi tabanlı hastalık öngörüsü (bölgesel ve ulusal ölçek)
- Bitki koruma uzmanı + YZ işbirliği modeli: Uzman alan bilgisini, YZ ise veri işleme kapasitesini getirir

Yapay zeka bitki koruma uzmanının yerini almayacaktır; aksine uzmanı daha güçlü kılacaktır. Bu teknolojileri anlayan ve kullanabilen bir bitki koruma mühendisi, hem daha geniş arazileri daha hızlı değerlendirebilir hem de alınan kararlarda veri tabanlı güçlü gerekçeler sunabilir.

## **Dronlar**

Dronlar, yani insansız hava araçları (İHA), tarım sektöründe son yıllarda hızla yaygınlaşan ve üretim süreçlerini kökten değiştiren teknolojilerden biridir. Geleneksel tarım yöntemlerinde geniş arazilerin kontrolü çoğunlukla zaman alıcı, maliyetli ve insan gücüne bağlıyken, dronlar sayesinde bu süreçler çok daha hızlı, hassas ve verimli hale gelmiştir. Uçuş kabiliyetleri, yüksek çözünürlüklü kameraları ve farklı sensörlerle donatılabilmesi sayesinde dronlar, tarımsal alanların havadan detaylı bir şekilde izlenmesini mümkün kılar. Bu durum, çiftçilere sadece gözle görülmesi zor olan

detayları fark etme imkanı sunmakla kalmaz, aynı zamanda veriye dayalı karar alma süreçlerini de güçlendirir.

Dronlar, uzaktan kontrol edilebilen veya otonom hareket edebilen hava araçlarıdır. Teknik olarak bir drone; mekanik yapı, elektronik kontrol sistemleri, haberleşme sistemleri ve sensörlerden oluşur. Tarımda kullanılan dronlar özellikle görüntüleme, ilaçlama, haritalama ve bitki sağlığı analizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir dronun temel yapısını gövde (frame) oluşturur. Gövde, tüm elektronik ve mekanik parçaların üzerine yerleştirildiği iskelettir. Genellikle hafif ve dayanıklı olması için karbon fiber veya alüminyum malzemeler kullanılır. Gövde üzerinde motor kolları bulunur ve bu kollar pervaneleri taşır. Dronun hareketini sağlayan temel bileşenler fırçasız motorlar (Brushless Motors) ve pervanelerdir. Motorlar yüksek devirle dönerek pervaneleri hareket ettirir ve kaldırma kuvveti oluşturur. Dört motorlu sistemlere quadcopter, altı motorlu sistemlere hexacopter adı verilir. Tarımsal ilaçlama dronlarında genellikle daha fazla taşıma kapasitesi gerektiği için güçlü motorlar kullanılır. Motorların kontrolü ESC (Electronic Speed Controller) adı verilen hız kontrol kartlarıyla sağlanır. ESC'ler anakarttan gelen sinyallere göre motorların dönüş hızını ayarlar. Böylece drone dengeli şekilde havada kalabilir, yön değiştirebilir veya yükselir. Dronun "beyni" uçuş kontrol kartıdır (Flight Controller). Bu sistem; sensörlerden gelen verileri işler ve motorlara komut gönderir. İçerisinde genellikle işlemci, jiroskop (Gyroscope) ve ivmeölçer (Accelerometer) bulunur. Jiroskop açısal hareketleri algılamak için ivmeölçer konum değişimlerini ölçer. Böylece drone havada dengesini koruyabilir. Birçok modern dronda GPS modülü bulunur. GPS sayesinde drone konumunu belirleyebilir, otomatik rota izleyebilir ve belirli koordinatlara otonom uçuş gerçekleştirebilir. Tarım dronlarında GPS teknolojisi hassas tarım uygulamaları açısından çok önemlidir çünkü aynı alanın düzenli ve kontrollü şekilde taranmasını sağlar. Enerji kaynağı olarak genellikle lityum polimer bataryalar (Li-Po Battery) kullanılır. Bu bataryalar yüksek enerji yoğunluğu sağlar ancak dikkatli kullanılmaları gerekir. Batarya kapasitesi dronun uçuş süresini doğrudan etkiler. Dronlarda haberleşme sistemi de bulunur. Kumanda (Transmitter) ve alıcı (Receiver) sayesinde kullanıcı drone ile iletişim kurar. Bazı sistemlerde görüntü aktarımı için ayrı antenler ve FPV (First Person View) kameraları kullanılır. Tarımsal görüntüleme dronlarında yüksek çözünürlüklü RGB kameralar, multispektral kameralar ve termal kameralar kullanılabilir. Tarım uygulamalarında kullanılan sensörler sayesinde bitki

sağlığı, su stresi, hastalık belirtileri ve gelişim durumu analiz edilebilir. Özellikle NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) gibi analizler için multispektral görüntüleme sistemleri kullanılmaktadır. Dronların çalışma mantığı temel olarak motor hızlarının dengeli şekilde değiştirilmesine dayanır. Uçuş kontrol kartı sensörlerden gelen bilgileri sürekli analiz eder ve her motora farklı hız komutları gönderir. Böylece drone havada dengede kalır, sağa-sola döner, yükselir veya alçalır. Otonom sistemlerde ise GPS ve yazılımlar sayesinde önceden belirlenen görevler otomatik olarak gerçekleştirilebilir.

Tarımda dronların en yaygın kullanım alanlarından biri sahada görüntüleme ve haritalamadır. Dronlar, tarlaların üzerinden belirli rotalarla uçarak yüksek çözünürlüklü görüntüler toplar ve bu görüntüler yazılımlar aracılığıyla işlenerek detaylı arazi haritaları oluşturulur. Bu haritalar sayesinde bitki gelişimi, boş alanlar, su birikintileri veya toprak farklılıkları kolayca tespit edilebilir. Özellikle multispektral kameralar kullanıldığında, bitkilerin sağlığı hakkında insan gözünün algılayamayacağı veriler elde edilir. Bitkilerin yansıttığı ışık değerleri analiz edilerek stres altında olup olmadıkları, yeterli besin alıp almadıkları veya hastalık belirtileri gösterip göstermedikleri erken aşamada anlaşılabilir. Bu da üreticinin zamanında müdahale etmesini sağlar ve verim kaybını önemli ölçüde azaltır.

İlaçlama süreçlerinde dronların kullanımı, tarımda devrim niteliğinde bir gelişme olarak kabul edilir. Geleneksel yöntemlerde traktör veya manuel ekipmanlarla yapılan ilaçlama işlemleri hem zaman alıcıdır hem de homojen bir dağılım sağlamakta zorlanabilir. Ayrıca bu yöntemler sırasında hem çevreye zarar verme riski hem de operatörün kimyasallara maruz kalma ihtimali yüksektir. Dronlar ise belirlenen alanlara hassas bir şekilde ilaç püskürtebilir ve sadece ihtiyaç duyulan bölgelere müdahale eder. Bu sayede kimyasal kullanımı azaltılır, maliyet düşer ve çevresel etkiler minimum seviyeye indirilir. Aynı zamanda zor erişilen veya engebeli arazilerde bile etkin bir ilaçlama yapılabilir, bu da dronların en büyük avantajlarından biridir.



Hastalık teşhisi konusunda dronlar, erken uyarı sistemi gibi çalışarak üreticilere büyük avantaj sağlar. Bitkilerde hastalıklar genellikle ilk aşamada çıplak gözle fark edilemez; ancak dronlar üzerindeki özel sensörler ve kameralar sayesinde bu belirtiler erken dönemde tespit edilebilir. Örneğin bitkinin yaprak rengindeki çok küçük değişimler, su stresine veya bir hastalığa işaret edebilir. Dronlar bu verileri toplayarak analiz eder ve sorunlu bölgeleri harita üzerinde işaretler. Böylece çiftçi tüm tarlayı ilaçlamak yerine sadece gerekli alanlara müdahale eder. Bu yaklaşım hem maliyetleri düşürür hem de gereksiz kimyasal kullanımını önleyerek daha sürdürülebilir bir tarım modeli oluşturur.

Dronların tarımda sağladığı bir diğer önemli katkı ise zaman ve iş gücü tasarrufudur. Geniş arazilerin kontrolü günler sürebilirken, bir drone aynı alanı çok kısa sürede tarayabilir. Bu durum özellikle büyük ölçekli işletmeler için büyük bir avantajdır. Ayrıca sürekli veri toplayabilme yetenekleri sayesinde tarım süreçleri daha sistematik bir hale gelir. Çiftçiler geçmiş verileri inceleyerek hangi uygulamaların daha verimli olduğunu analiz edebilir ve gelecek sezonlar için daha doğru planlamalar yapabilir.

Bununla birlikte dron teknolojisinin tarımda kullanımı bazı sınırlamaları da beraberinde getirir. Hava koşulları uçuşları doğrudan etkileyebilir; güçlü rüzgar, yağmur veya düşük görüş mesafesi dronların performansını düşürebilir. Ayrıca cihazların pil ömrü, geniş alanlarda kesintisiz çalışma açısından sınırlayıcı olabilir. İlk yatırım maliyetleri ve teknik bilgi gereksinimi de bazı üreticiler için engel oluşturabilir. Bunun yanında yasal düzenlemeler ve uçuş izinleri de ülkeden ülkeye değişiklik gösterdiği için dikkat edilmesi gereken bir diğer konudur.

Dronlar tarımda hassas, hızlı ve veriye dayalı üretimin en önemli araçlarından biri haline gelmiştir. Görüntüleme, ilaçlama ve hastalık teşhisi gibi kritik süreçlerde sunduğu avantajlar sayesinde hem verim artışı sağlar hem de kaynak kullanımını optimize eder. Gelecekte yapay zeka ile daha fazla entegre olan dronların, otonom kararlar alabilen ve tamamen kendi kendine çalışan sistemlere dönüşmesi beklenmektedir. Bu da tarımın daha akıllı, sürdürülebilir ve yüksek verimli bir yapıya evrilmesinde önemli bir rol oynayacaktır.

Türkiye'de insansız hava aracı (İHA/drone) uçuş faaliyetleri, temel olarak 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu ve Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından yayımlanan İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA) çerçevesinde düzenlenmektedir. Mevzuat İHA'ları azami kalkış ağırlığına göre sınıflandırmakta; 500 gramdan az ağırlığa sahip olanlar SHT-İHA'nın temel kapsamı dışında bırakılmakla birlikte, devlet İHA'ları, yalnızca kapalı alanlarda kullanılanlar ve platforma bağlı balon türü sistemler de istisna sayılmaktadır.

Kayıt zorunluluğu açısından, 500 gram ve üzeri tüm İHA'ların ve pilotlarının SHGM'nin [iha.shgm.gov.tr](http://iha.shgm.gov.tr) üzerindeki sistemine kayıt olması ve onay alması zorunludur; yurt içinde satılan cihazlar aynı gün satıcı firma tarafından, yurt dışından bireysel olarak getirilen veya ülke içinde devralınan cihazlar ise en geç 3 gün içinde kullanıcı tarafından sisteme kaydedilmek zorundadır. Sınıflandırmaya göre İHA0 ve İHA1 cihazları için internet üzerinden kayıt yeterliyken, ağırlığı daha yüksek olan İHA2 ve İHA3 grubu cihazların Türk Hava Araçları Sicili'ne tescil edilmesi ve bunları kullanacak pilotların ayrıca lisans edinmesi gerekmektedir.

Uçuş izni ve hava sahası bakımından, Türkiye hava sahası serbest (yeşil) bölgeler ve izne tabi/yasak (kırmızı) bölgeler olarak ayrılmıştır; serbest bölge dışında kalan tüm alanlarda uçuş öncesi izin alınması zorunludur. Havalimanları, askeri tesisler, kamu

binaları ve stratejik alanlarda uçuş yasak olup, kırmızı bölgelerde uçuş için form doldurulması ve bazı durumlarda Valilik onayı gerekmektedir; ayrıca azami irtifa 120 metre (400 feet) olarak sınırlandırılmıştır. İzinsiz veya kayıtsız uçuş halinde, para cezası uygulanmakta, uçuşları tehlikeye düşürme durumunda ise daha ağır para cezası kesilmektedir. Ayrıca özel hayatın gizliliğini ihlal eden uçuşlar için 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu hükümleri devreye girmekte, mevzuata aykırı davranışlar 5442 sayılı İl İdaresi Kanunu'nun 66'ncı maddesi kapsamında işleme tabi tutulmaktadır.

Tarımsal kullanım (zirai İHA / zirai ilaçlama) açısından ise sivil havacılık mevzuatına ek olarak özel bir düzenleme bulunmaktadır: 9 Haziran 2021 tarih ve 31506 (Mükerrer) sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Zirai Mücadele Alet ve Makineleri Hakkında Yönetmelik'in 19'uncu maddesi, İHA ve drone sistemlerinin bitki koruma ürünü uygulamalarında kullanılabilmesi için Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından ruhsatlandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bakanlık tarafından ruhsatlandırılmış olmak yeterli olmayıp, aynı zamanda SHGM mevzuatı kapsamında uçuş şartları ve izinleri açısından da yetkili otoritelerden izin alınması gerekmektedir; bunun yanı sıra hangi üretim alanında, hangi zararlılara karşı, hangi meme tipi, uygulama normu, uçuş hızı ve yüksekliği ile kullanılacağı Bakanlık tarafından belirlenmektedir.

Bu yönetmeliğe dayanılarak çıkarılan "İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Zirai Mücadele Kapsamında Bitki Koruma Ürünü Uygulamalarında Kullanılmasına İlişkin Yönerge" ile zirai İHA kullanımını için ek idari ve teknik şartlar belirlenmiştir. İdari açıdan, kullanılacak cihazın İHA-1 veya İHA-2 sınıfı olması ve yönetmelik çerçevesinde ruhsatlandırılmış olması, ayrıca her uygulamadan önce uygulama yapılan ildeki Tarım İl Müdürlüğü'nden izin alınması gerekmektedir. Teknik olarak, mera, meskûn mahal ve sulak alanlar ile uygulama yapılacak alanın sınırları arasında en az 3 km'lik emniyet mesafesi bırakılması zorunludur. Ayrıca pilot tarafından sahip olunması gereken lisans, cihazın azami kalkış ağırlığına bağlıdır: 4-25 kg arası için İHA-1, 25-150 kg arası profesyonel zirai dronlar için İHA-2 sertifikası zorunludur ve ticari amaçlı zirai ilaçlama yapan pilotlar için 2. Sınıf Sağlık Sertifikası gerekmektedir. Bunlara ek olarak, ilaç uygulamasını yapacak kişinin Bitki Koruma Ürünleri Uygulama Belgesi'ne sahip olması veya bu yetkiye sahip bir kurumla çalışması istenmektedir. Son olarak, ruhsat sahibi firma her yıl uygulama yapılan ile ilişkin bitkisel ürün, zararlı organizma, kullanılan bitki koruma ürünü ve uygulama parametrelerine ait bilgileri ilgili İl

Müdürlüğü'ne sunmak ve bu kayıtların bir kopyasını en az 5 yıl süreyle muhafaza etmek zorundadır

## **Borkod, QRkod ve RFID**

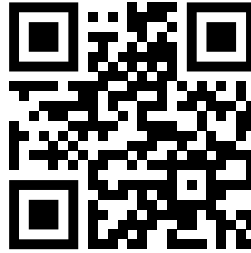
Sektörel bilişim uygulamaları, belirli bir sektörün ihtiyaçlarına yönelik geliştirilen dijital sistemler, yazılımlar ve otomasyon çözümlerinin genel adıdır. Tarım sektöründe kullanılan bilişim uygulamaları ise üretim süreçlerinin planlanması, kontrol edilmesi, kayıt altına alınması ve analiz edilmesi amacıyla geliştirilmiş teknolojileri kapsar. Özellikle modern tarım anlayışında yalnızca ürün yetiştirmek yeterli görülmemekte; ürünün güvenilir olması, üretim sürecinin kayıt altında tutulması, çevreye zarar verilmemesi ve tüketiciye şeffaf bilgi sunulması da büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle bilişim teknolojileri, tarım sektörünün vazgeçilmez unsurlarından biri haline gelmiştir. Geleneksel tarım uygulamalarında birçok işlem insan takibine bağlı yürütülmekteydi. İlaçlama kayıtları defterlere yazılıyor, stok kontrolü manuel yapılıyor ve üretim süreçleri çoğu zaman düzenli şekilde izlenemiyordu. Bu durum hata riskini artırıyor, kayıt kayıplarına neden oluyor ve denetimleri zorlaştırıyordu. Günümüzde ise dijital sistemler sayesinde tarımsal faaliyetler daha planlı, hızlı ve güvenilir şekilde yürütülebilmektedir. Tarım işletmeleri artık ürün hareketlerini anlık takip edebilmekte, kullanılan ilaç miktarlarını kaydedebilmekte ve üretim sürecinin her aşamasını dijital ortamda saklayabilmektedir. Tarım sektöründe kullanılan sektörel bilişim uygulamalarının en önemli amaçlarından biri izlenebilirlik sağlamaktır. İzlenebilirlik, bir ürünün üretimden tüketiciye ulaşıncaya kadar geçtiği tüm aşamaların kayıt altına alınabilmesi anlamına gelir. Örneğin bir sebzenin hangi tarlada yetiştirildiği, hangi tarihte ilaçlandığı, hangi gübrenin kullanıldığı, ne zaman hasat edildiği ve hangi depoda saklandığı gibi bilgiler dijital sistemlerde tutulabilir. Böylece herhangi bir sorun oluştuğunda problemin kaynağı hızlı şekilde tespit edilebilir. Tarımda bilişim uygulamalarının bir diğer önemli katkısı verimlilik artışıdır. Dijital kayıt sistemleri sayesinde gereksiz ilaç kullanımının önüne geçilebilir, doğru zamanda doğru uygulama yapılabilir ve maliyetler azaltılabilir. Ayrıca veri analizi yapılarak hangi uygulamaların daha başarılı sonuç verdiği belirlenebilir. Böylece üreticiler daha bilinçli kararlar verebilir.

Barkod ve QR kod teknolojileri, günümüzde ürün tanımlama, veri saklama, takip ve doğrulama amacıyla kullanılan en önemli otomatik tanıma sistemleri arasında yer almaktadır. Özellikle tarım, sağlık, lojistik, perakende ve sanayi sektörlerinde yaygın şekilde kullanılmaktadır. Tarım sektöründe ise bitki koruma ürünlerinin izlenmesi, stok yönetimi, üretim kayıtlarının tutulması ve ürün güvenliğinin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu teknolojiler sayesinde insan hatası azaltılmakta, işlemler hızlanmakta ve kayıt sistemleri daha güvenilir hale gelmektedir. Barkod sistemi temel olarak optik veri tanımlama prensibiyle çalışır. Barkodlar, farklı kalınlıklardaki siyah çizgiler ve boşluklardan oluşur. Bu çizgiler belirli sayı veya karakterleri temsil eder. Barkod okuyucu cihazlar lazer veya kamera yardımıyla bu çizgileri algılar ve dijital bilgiye dönüştürür. Sistem daha sonra bu kodu veri tabanındaki bilgilerle eşleştirerek ürün bilgilerine ulaşır. Böylece saniyeler içerisinde ürün tanımlaması yapılabilir. Barkod teknolojisinin ortaya çıkış amacı, ürün giriş-çıkış işlemlerini hızlandırmak ve manuel kayıt sırasında oluşan hataları azaltmaktır. Özellikle büyük depolarda veya marketlerde binlerce ürünün tek tek yazılması oldukça zaman alıcıdır. Barkod sistemi sayesinde ürün bilgileri otomatik olarak sisteme aktarılır. Bu durum hem iş gücü tasarrufu sağlar hem de işlem doğruluğunu artırır. Barkodların çalışma mantığı oldukça sistemattir. Her ürün için benzersiz bir kod oluşturulur. Bu kod veri tabanında belirli bilgilere karşılık gelir. Tarım sektöründe barkod sistemlerinin en önemli kullanım alanlarından biri stok ve depo yönetimidir. Bitki koruma ürünleri genellikle farklı etken maddelere, kullanım amaçlarına ve son kullanma tarihlerine sahiptir. Bu ürünlerin düzenli takip edilmemesi ciddi sorunlara yol açabilir. Son kullanma tarihi geçmiş ilaçların kullanılması etkisiz mücadeleye neden olabilirken, yanlış ürün kullanımı çevre ve insan sağlığı açısından risk oluşturabilir. Barkod sistemleri sayesinde hangi ürünün depoya ne zaman girdiği, ne kadar kaldığı ve ne zaman satıldığı kolayca takip edilebilir. Barkod teknolojileri aynı zamanda lojistik süreçlerde de önemli avantaj sağlar. Ürünlerin üretim tesisinden depoya, depodan bayilere ve son kullanıcıya kadar olan hareketleri kayıt altına alınabilir. Böylece ürün kayıpları azaltılır ve sevkiyat süreçleri daha düzenli hale gelir. Özellikle büyük tarım işletmelerinde veya dağıtım merkezlerinde barkod sistemleri iş süreçlerini büyük ölçüde kolaylaştırmaktadır. Barkodların farklı türleri bulunmaktadır. En yaygın kullanılan barkod türleri arasında EAN, UPC, Code 39 ve Code 128 sistemleri yer alır. Market ürünlerinde genellikle EAN barkod sistemi kullanılmaktadır. Endüstriyel alanlarda ise daha fazla karakter depolayabilen sistemler

tercih edilir. Geleneksel barkodlar çoğunlukla yatay çizgilerden oluşur ve sınırlı miktarda veri depolayabilir.



QR kod teknolojisi ise barkod sistemlerinin gelişmiş bir versiyonu olarak ortaya çıkmıştır. QR kod ifadesi “Quick Response”, yani “Hızlı Yanıt” anlamına gelir. QR kodlar iki boyutlu veri depolama sistemleridir. Geleneksel barkodlardan farklı olarak yalnızca yatay değil hem yatay hem dikey yönde veri saklayabilirler. Bu nedenle çok daha fazla bilgi depolama kapasitesine sahiptirler.



QR kodların en büyük avantajlarından biri yüksek veri kapasitesidir. Bir barkod genellikle sadece sayısal veri içerirken QR kodlar metin, bağlantı adresi, iletişim bilgisi, belge, konum verisi ve çeşitli dijital içerikleri saklayabilir. Ayrıca QR kodlar akıllı telefon kameralarıyla kolayca okunabildiği için ek bir barkod okuyucu cihaz gerektirmez. Bu durum QR kodların kullanımını oldukça yaygınlaştırmıştır. Tarım sektöründe QR kodlar özellikle izlenebilirlik amacıyla kullanılmaktadır. Günümüzde bazı tarım ürünlerinin ambalajlarında bulunan QR kodlar okutulduğunda tüketici ürün hakkında detaylı bilgiye ulaşabilmektedir. Örneğin bir meyve veya sebzenin hangi üretici tarafından yetiştirildiği, hangi tarihte hasat edildiği, hangi ilaçların kullanıldığı ve hangi kalite kontrollerinden geçtiği görülebilmektedir. Bu durum tüketici güvenini artırmakta ve şeffaf üretim anlayışını desteklemektedir. Bitki koruma ürünlerinde kullanılan QR kod sistemleri de oldukça gelişmiştir. Bir ilaç ambalajındaki QR kod okutulduğunda kullanıcı doğrudan dijital kullanım kılavuzuna ulaşabilir. Ayrıca güvenlik önlemleri, koruyucu ekipman bilgileri, uygulama dozları ve çevresel riskler gibi bilgiler de görüntülenebilir. Böylece kullanıcıların doğru uygulama yapması

kolaylaşır. QR kod sistemleri sahte ürünlerle mücadelede de önemli rol oynar. Özellikle piyasada kaçak veya taklit zirai ilaçların bulunması ciddi bir problemdir. QR kodlar sayesinde ürünün orijinaliği doğrulanabilir. Kod sistemde kayıtlı değilse veya aynı kod birden fazla kez kullanılmışsa sahtecilik şüphesi ortaya çıkabilir. Bu durum hem üreticilerin hem de resmi kurumların denetim süreçlerini kolaylaştırır. QR kodların kullanım alanı yalnızca ürün takibiyle sınırlı değildir. Eğitim ve bilgilendirme amacıyla da yaygın kullanılmaktadır. Örneğin bir tarımsal eğitim materyalinde bulunan QR kod okutulduğunda kullanıcı doğrudan eğitim videosuna yönlendirilebilir. Böylece teorik bilgi ile görsel eğitim bir arada sunulabilir. Tarım fuarlarında, seralarda ve üretim tesislerinde QR kod sistemleri ziyaretçi yönetiminde de kullanılabilir. Belirli alanlardaki kodlar okutularak üretim süreçleri hakkında bilgi alınabilir veya dijital kayıt işlemleri yapılabilir. Bu durum özellikle akıllı tarım uygulamalarında yaygınlaşmaktadır. QR kod sistemleri aynı zamanda mobil uygulamalarla entegre çalışabilmektedir. Çiftçiler akıllı telefonları üzerinden QR kod okutarak ürün kayıtlarını sisteme aktarabilir, stok bilgilerini güncelleyebilir veya ilaç kullanım geçmişini görüntüleyebilir. Böylece sahada hızlı veri erişimi sağlanır. Barkod ve QR kod teknolojilerinin sağladığı en önemli avantajlardan biri hızdır. Manuel veri girişine göre çok daha kısa sürede işlem yapılabilir. Bunun yanında hata oranı da önemli ölçüde azalır. İnsan kaynaklı yazım yanlışları veya kayıt eksiklikleri büyük ölçüde önlenmiş olur. Ayrıca bu sistemler işletmelere zaman ve maliyet tasarrufu sağlar. Bu teknolojilerin bir diğer önemli avantajı veri bütünlüğüdür. Tüm işlemler dijital olarak kayıt altına alındığı için geçmişe dönük inceleme yapılabilir. Hangi ürünün ne zaman kullanıldığı, kim tarafından satıldığı veya hangi depoda bulunduğu kolayca belirlenebilir. Özellikle tarımsal denetimlerde bu kayıtlar büyük önem taşır. Bununla birlikte barkod ve QR kod sistemlerinin bazı sınırlamaları da bulunmaktadır. Barkodların zarar görmesi veya kirlenmesi durumunda okunmaları zorlaşabilir. QR kodlar daha dayanıklı olsa da baskı kalitesinin düşük olması okuma problemlerine yol açabilir. Ayrıca sistemlerin etkin çalışabilmesi için güçlü bir veri tabanı altyapısına ihtiyaç vardır. Günümüzde barkod ve QR kod teknolojileri yapay zeka, bulut bilişim ve nesnelerin interneti sistemleriyle birlikte kullanılmaya başlanmıştır. Bu entegrasyon sayesinde ürün hareketleri anlık takip edilebilmekte, otomatik analizler yapılabilmekte ve erken uyarı sistemleri geliştirilebilmektedir. Özellikle akıllı tarım uygulamalarında bu teknolojilerin önemi giderek artmaktadır. Gelecekte barkod ve QR kod sistemlerinin daha gelişmiş hale gelmesi beklenmektedir. Özellikle blokzincir

teknolojisi ile birlikte kullanıldığında ürünlerin tüm yaşam döngüsünün değiştirilemez şekilde kayıt altına alınması mümkün olabilecektir. Böylece tarım sektöründe güvenilirlik, şeffaflık ve izlenebilirlik daha da güçlenecektir.

RFID teknolojisi, yani “Radio Frequency Identification” (Radyo Frekansı ile Tanımlama), nesnelerin radyo dalgaları kullanılarak temassız şekilde tanımlanmasını ve takip edilmesini sağlayan bir otomatik veri toplama sistemidir. Barkod ve QR kod sistemlerine benzer amaçla kullanılır; ancak daha gelişmiş özelliklere sahiptir. Barkod sistemlerinde okuyucunun kodu doğrudan görmesi gerekirken RFID sistemlerinde böyle bir zorunluluk yoktur. Bu nedenle ürünler uzaktan ve hızlı şekilde okunabilir. RFID sistemi temel olarak RFID etiketi, okuyucu cihaz ve veri tabanı olmak üzere üç bölümden oluşur. RFID etiketi ürün üzerine yerleştirilen küçük bir çiptir ve ürün bilgilerini içerir. Okuyucu cihaz radyo dalgaları göndererek etiketteki bilgileri algılar ve sisteme aktarır. Böylece ürün kimliği otomatik olarak tanımlanır.



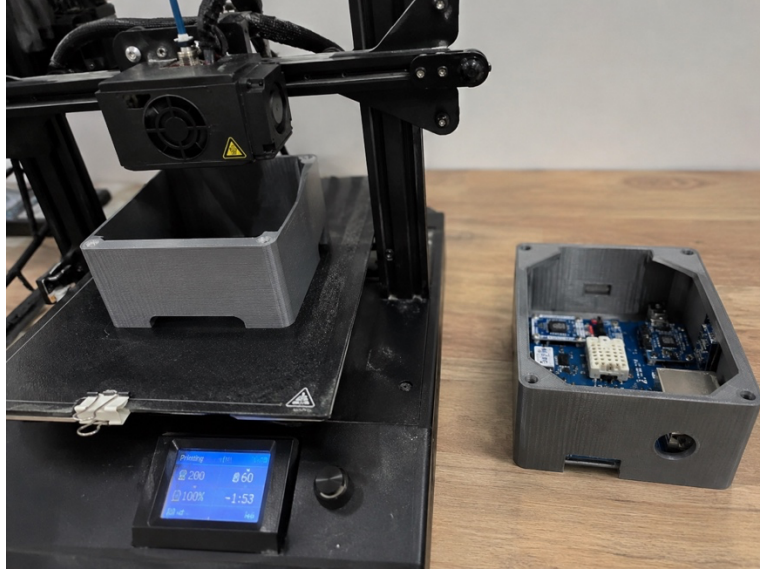
Tarım sektöründe RFID teknolojisi özellikle ürün takibi ve depo yönetiminde kullanılmaktadır. Bitki koruma ürünleri, kasalar, paletler veya ekipmanlar RFID etiketleriyle işaretlenebilir. Bu sayede ürünlerin hangi depoda bulunduğu, ne zaman taşındığı veya ne kadar stok kaldığı kolayca takip edilir. RFID sistemleri aynı anda birçok ürünü okuyabildiği için büyük depolarda önemli hız avantajı sağlar. RFID teknolojisi canlı hayvan takibinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Hayvanların

kulak küpelerine yerleştirilen RFID çipleri sayesinde kimlik bilgileri, sağlık kayıtları ve hareketleri dijital ortamda takip edilebilir. RFID sistemlerinin en önemli avantajları hızlı veri okuma, temassız çalışma, yüksek veri kapasitesi ve insan hatasını azaltmasıdır. Ancak barkod sistemlerine göre maliyetleri daha yüksektir. Günümüzde RFID teknolojisi sensörler ve otomasyon sistemleriyle birlikte kullanılarak akıllı tarım uygulamalarında giderek daha yaygın hale gelmektedir.

## **3D Yazıcılar**

Tarımda saha bilişim teknolojileri son yıllarda yalnızca sensörler, dronlar ve yapay zeka uygulamalarıyla değil, aynı zamanda üç boyutlu üretim teknolojileriyle de büyük bir dönüşüm yaşamaktadır. Bu dönüşümün önemli parçalarından biri olan 3D yazıcılar, dijital ortamda tasarlanan nesnelere katman katman fiziksel olarak üretilmesini sağlayan sistemlerdir. Geleneksel üretim yöntemlerinde bir parçanın ortaya çıkması için kalıp, torna, freze veya özel üretim hatları gerekirken, 3D yazıcılarda dijital tasarım doğrudan üretime dönüştürülebilmektedir. Bu durum özellikle tarım sektöründe maliyet, hız ve esneklik açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. 3D yazıcıların çalışma prensibi temel olarak “eklemeli üretim” mantığına dayanır. Geleneksel yöntemlerde malzeme kesilerek veya oyularak şekillendirilirken, 3D yazıcılarda nesne ince katmanlar halinde üst üste eklenerek oluşturulur. En yaygın kullanılan sistemlerden biri FDM (Fused Deposition Modeling) adı verilen teknolojidir. Bu yöntemde plastik filament adı verilen malzeme eritilerek nozuldan çıkarılır ve yazıcı tablası üzerine katmanlar halinde bırakılır. Tarımsal uygulamalarda genellikle PLA, PETG ve ABS gibi plastik türleri kullanılmaktadır. Daha gelişmiş sistemlerde reçine tabanlı SLA yazıcılar veya metal baskı yapabilen endüstriyel yazıcılar da bulunmaktadır. Tarım sektöründe 3D yazıcıların en büyük avantajlarından biri hızlı prototipleme imkanıdır. Çiftçiler, teknisyenler veya tarım mühendisleri ihtiyaç duydukları bir parçayı uzun süre sipariş beklemek yerine kısa sürede üretebilmektedir. Örneğin bir sulama sistemindeki bağlantı aparatı kırıldığında, uygun ölçülerde yeni bir parça bilgisayar ortamında çizilip birkaç saat içinde basılabilir. Bu durum özellikle kırsal bölgelerde zaman kaybını azaltmakta ve üretim süreçlerinin aksamamasını sağlamaktadır. Ayrıca ithal veya bulunması zor ekipman parçalarının yeniden üretilmesi de büyük ekonomik avantaj oluşturmaktadır. Akıllı tarım uygulamalarında kullanılan sensör sistemleri de 3D yazıcılarla desteklenmektedir. Toprak nem sensörleri, sıcaklık ölçüm kutuları, güneş

koruyucu muhafazalar, kamera taşıyıcıları ve drone ekipmanları gibi birçok yardımcı aparat özel olarak üretilebilmektedir. Hazır ürünler çoğu zaman her araziye veya her projeye uygun olmadığından, 3D yazıcılar sayesinde ihtiyaca özel çözümler geliştirilebilmektedir. Böylece saha bilişim sistemleri daha modüler ve esnek hale gelmektedir. 3D yazıcılar eğitim alanında da önemli katkılar sağlamaktadır. Tarım robotları ve otomasyon sistemlerinde de 3D yazıcıların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle araştırma projelerinde robot kolları, tohum dağıtıcı sistemler, mini sera otomasyonları ve otonom araç parçaları düşük maliyetle üretilebilmektedir. Geleneksel yöntemlerle üretilmesi pahalı olan özel parçalar, 3D yazıcılarla daha ekonomik şekilde elde edilebilmektedir. Böylece üniversiteler, araştırma merkezleri ve girişimciler daha hızlı prototip geliştirebilmektedir. Bunun yanında sürdürülebilirlik açısından da 3D yazıcıların önemli potansiyeli bulunmaktadır. Gerektiği kadar malzeme kullanıldığı için üretim sırasında oluşan atık miktarı klasik yöntemlere göre daha düşüktür. Bazı sistemlerde geri dönüştürülmüş plastiklerden filament üretilebilmekte ve tekrar baskı yapılabilir. Bu yaklaşım çevre dostu üretim anlayışıyla örtüşmektedir. Tarım sektöründe sürdürülebilir teknolojilerin önem kazanmasıyla birlikte 3D yazıcıların kullanım alanı da genişlemektedir. Ancak 3D yazıcıların bazı sınırlamaları da vardır. Baskı süresi büyük parçalar için uzun olabilir ve her malzeme dış ortam koşullarına dayanıklı değildir. Özellikle güneş ışığı, nem ve sıcaklık değişimleri tarla koşullarında plastik parçaların ömrünü etkileyebilir. Ayrıca hassas ölçü gerektiren mekanik sistemlerde profesyonel kalibrasyon önemlidir. Buna rağmen teknolojinin sürekli gelişmesiyle daha dayanıklı malzemeler ve daha hızlı yazıcılar ortaya çıkmaktadır. Gelecekte tarım sektöründe 3D yazıcıların çok daha yaygın hale gelmesi beklenmektedir. Özellikle uzaktan üretim, yerinde yedek parça basımı ve kişiselleştirilmiş tarım ekipmanları önemli çalışma alanlarıdır. Akıllı tarım teknolojileriyle birleşen 3D üretim sistemleri, tarımın daha verimli, ekonomik ve sürdürülebilir hale gelmesine katkı sağlayacaktır.



3D yazıcının en önemli parçalarından biri ekstrüder (Extruder) sistemidir. Ekstrüder, filament adı verilen plastik malzemeyi çekerek sıcak uca gönderir. Hotend adı verilen sıcak uç kısmında plastik eritilir ve ince bir nozuldaki dışarı çıkarılır. Nozul çapı genellikle 0.4 mm civarındadır ve bu parça baskının hassasiyetini doğrudan etkiler. Yazıcının hareket sistemi step motorlar (Stepper Motors) ile çalışır. Bu motorlar X, Y ve Z eksenlerinde hassas hareket sağlar. Kayışlar, miller ve lineer rulmanlar sayesinde baskı kafası veya tabla kontrollü şekilde hareket eder. Böylece nesne katman katman oluşturulur. Katman yüksekliği genellikle 0.1–0.3 mm arasındadır. Baskının yapıldığı yüzeye baskı tablası (Print Bed) denir. Birçok yazıcıda tabla ısıtmalıdır. Isıtılmalı tabla özellikle ABS gibi malzemelerde parçanın yüzeyden ayrılmasını veya eğilmesini önler. Tabla düzgün hizalanmazsa baskı kalitesi ciddi şekilde düşebilir. Elektronik kontrol kısmında anakart (Mainboard), sürücüler ve sensörler bulunur. Anakart tüm motorları, sıcaklık sistemlerini ve hareketleri kontrol eder. Termistör adı verilen sıcaklık sensörleri hotend ve tablanın sıcaklığını ölçer. Limit switch veya endstop sensörleri ise eksenlerin başlangıç noktalarını belirler. 3D yazıcıların çalışabilmesi için dijital model gerekir. Önce CAD yazılımlarıyla üç boyutlu model tasarlanır. Daha sonra “slicer” adı verilen programlarla model katmanlara ayrılır ve G-code adı verilen komut dosyalarına dönüştürülür. Yazıcı bu komutları okuyarak hangi noktaya ne kadar malzeme bırakacağını hesaplar.

## Hassas Tarım

Hassas tarım, tarımsal üretimde teknolojik verilerin kullanılarak her bölgeye ve her bitkiye ihtiyaç duyduğu kadar uygulama yapılmasını amaçlayan modern bir tarım yaklaşımıdır. İngilizcede “Precision Agriculture” veya “Precision Farming” olarak adlandırılır. Bu yaklaşımda amaç; suyu, gübreyi, ilacı, tohumu ve zamanı en verimli şekilde kullanarak hem maliyetleri azaltmak hem de ürün verimini artırmaktır. Geleneksel tarım yöntemlerinde tüm tarlaya aynı uygulama yapılırken, hassas tarımda tarlanın farklı bölgeleri ayrı ayrı analiz edilir ve her bölgeye özel işlem uygulanabilir. Hassas tarım sistemlerinde GPS teknolojileri, sensörler, dronlar, uydu görüntüleri, yapay zeka sistemleri ve otomasyon teknolojileri yoğun şekilde kullanılmaktadır. Örneğin toprak nem sensörleri sayesinde yalnızca kuru bölgeler sulanabilir veya drone görüntüleri ile hastalık belirtileri erken dönemde tespit edilebilir. Böylece gereksiz su ve kimyasal kullanımının önüne geçilir. Bu yaklaşım hem ekonomik kazanç sağlar hem de çevresel sürdürülebilirliği destekler. Hassas tarımda sık kullanılan bazı temel kavramlar şunlardır:

- Hassas Tarım – Precision Agriculture
- Akıllı Tarım – Smart Farming
- Tarım Sensörleri – Agricultural Sensors
- Verim Haritalama – Yield Mapping
- Küresel Konumlama Sistemi – Global Positioning System (GPS)
- Uzaktan Algılama – Remote Sensing
- Tarımsal Drone – Agricultural Drone
- Veri Analizi – Data Analysis
- Nesnelerin İnterneti – Internet of Things (IoT)
- Otomatik Sulama – Automated Irrigation
- Tarım Robotları – Agricultural Robots
- Görüntü İşleme – Image Processing
- Yapay Zeka Destekli Tarım – AI-Assisted Agriculture

Günümüzde hassas tarım teknolojileri özellikle büyük ölçekli üretim alanlarında yaygınlaşsa da, düşük maliyetli sensörler, mikrodenetleyiciler ve 3D yazıcılarla geliştirilen özel ekipmanlar sayesinde küçük işletmelerde de kullanılmaya başlanmıştır. Tarımın dijitalleşmesiyle birlikte gelecekte daha otonom, veri tabanlı ve sürdürülebilir üretim sistemlerinin yaygınlaşması beklenmektedir.

Akıllı Tarım ve Bitki Koruma Uygulamaları oldukça geniş bir alanı kapsar ve farklı teknolojilerin birleşimiyle ortaya çıkar. Aşağıda bazı konu başlıkları listelenmiştir.

1. Nesnelerin İnterneti (IoT) tabanlı sensör sistemleri
2. Toprak nem sensörleri ile otomatik sulama
3. Hava durumu istasyonlarına bağlı erken uyarı sistemleri
4. Akıllı sulama (drip irrigation + otomasyon)
5. Dron (İHA) ile tarla görüntüleme
6. Dron ile hassas ilaçlama
7. Multispektral ve termal kamera kullanımı
8. Uydu görüntüleri ile tarla analizi
9. Bitki sağlığı izleme sistemleri (NDVI analizleri)
10. Yapay zeka ile hastalık teşhisi
11. Görüntü işleme ile yaprak analizi
12. Mobil uygulamalarla hastalık tanılama
13. Karar Destek Sistemleri (DSS)
14. Zararlı popülasyon tahmin modelleri
15. Akıllı tuzak sistemleri (feromon tuzakları + sensör)
16. Otomatik gübreleme sistemleri (fertigasyon)
17. Hassas tarım (Precision Agriculture) uygulamaları
18. GPS destekli traktör ve ekipman kullanımı
19. Otonom tarım makineleri
20. Robotik yabancı ot temizleme sistemleri
21. Lazerle yabancı ot yok etme teknolojileri
22. Değişken oranlı ilaçlama (Variable Rate Technology - VRT)
23. Değişken oranlı gübreleme
24. Tarla haritalama ve verim haritaları oluşturma
25. Büyük veri (Big Data) analizi ile üretim planlama
26. Bulut tabanlı tarım yönetim sistemleri
27. Uzaktan izleme ve kontrol sistemleri
28. Akıllı sera otomasyon sistemleri
29. Sera içi iklim kontrolü (ısı, nem, CO<sub>2</sub>)
30. Akıllı ışıklandırma sistemleri (LED grow lights)
31. Su yönetim sistemleri ve su tasarrufu teknolojileri
32. Bitki stres analizi (su, sıcaklık, besin eksikliği)
33. Erken don uyarı sistemleri
34. Dijital tarım platformları
35. Blockchain ile tarımsal izlenebilirlik
36. Tarımsal veri kayıt ve analiz sistemleri
37. Akıllı hayvancılık sistemleri (takip ve sağlık izleme)
38. Sensör tabanlı zararlı tespiti
39. Biyolojik mücadele destek sistemleri
40. Entegre Zararlı Yönetimi (IPM) uygulamaları
41. Akıllı ilaçlama makineleri (hedefe yönelik püskürtme)
42. Otomatik pestisit doz ayarlama sistemleri
43. Tarımsal risk yönetimi yazılımları
44. Hasat tahmin sistemleri
45. Ürün kalite analiz sistemleri
46. Tarımsal simülasyon modelleri
47. İklim değişikliğine uyumlu tarım teknolojileri

48. Akıllı depo ve ürün saklama sistemleri
49. Soğuk zincir izleme teknolojileri
50. QR kod ile ürün takibi
51. Tarımsal eğitim ve karar uygulamaları (mobil/web)