Food and Agriculture Organization of the United Nations

European Bank for Reconstruction and Development

EK 7. UYGULAMADAKİ TEKNOLOJİLER: SAHADAN ÖRNEKLER

TÜRKİYE'DE TARIMA YÖNELİK DİJİTAL TEKNOLOJİLER

FAO YATIRIM MERKEZİ

FAO/Frank Hollinger

FAO/Frank Hollinger

İçindekiler

Kısaltmalar Listesi VII

GİRİŞ **1**

Tarımsal meteoroloji istasyonları 1
Toprak nem sensörleri ve sulama otomasyonu 6
Dijital zararlı izleme tuzakları 11
Uzaktan algılama / coğrafi bilgi sistemi (CBS) 14
Ürün takibi ve ilgili analizler için dron kullanımı 20
İlaçlama için dronlar 25
Hassas tarım teknolojileri 28
Hassas hayvancılık teknolojileri 35
İzlenebilirlik 39

REFERANSLAR **47**

Kutular, şekiller ve tablolar

Kutular

1	Tarımsal meteoroloji istasyonlarının pratikteki uygulamalarına örnekler	3
2	Toprak sensörlerinin uygulama örnekleri	7
3	Sulama otomasyonu - Anadolu Etap'ın deneyimleri	10
4	Söke'deki pamuk tarlalarında dijital zararlı tuzaklarının test edilmesi	12
5	Uydu hizmetleri kullanıcılarına örnekler	16
6	Büyük ölçekli bir meyve bahçesi işletmecisinin dron analitiğine bakışı: Anadolu Etap örneği	22
7	Algoritmaların geliştirilmesi ve eğitilmesi ihtiyacı - Provea örneği	24
8	Kitlesel istilada dron ilaçlamasının kullanılması: Türkiye örneği Önder Çiftçi Kooperatifi'nin 2022 Temmuz deneyimi	26
9	ISOBUS - traktörleri ve aletleri birbirine bağlamak için bir standart	30
10	Kullanım örneği: Östrus tahmini	37
11	Hassas hayvancılık teknolojilerinde öncü bir işletme: Feyz Çiftliği örneği	38
12	Modern perakendecilerde izlenebilir güvenli gıda: CarrefourSA ve HEKTAŞ tarafından yürütülen bir pilot proje	41
13	Üzüm bağından kadehe: Kavaklıdere'nin şarap izlenebilirliği	42

Kısaltmalar Listesi

TKK	tarım kredi kooperatifi
AI	yapay zekâ
ODS	otomatik dümenleme sistemleri
CTF	kontrollü trafik tarımı
EBRD	Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası
EMR	elektromanyetik radyasyon
ET	toplam buharlaşma
SG	sera gazı
CBS	coğrafi bilgi sistemi
GPS	küresel konumlandırma sistemi
GSM	küresel mobil iletişim sistemi
BİT	bilgi ve iletişim teknolojileri
IoT	nesnelerin interneti teknolojisi
MASS	manuel destekli dümenleme sistemleri
TOB	Tarım ve Orman Bakanlığı
N	azot
NDVI	Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi
PLF	Hassas hayvancılık teknolojileri
RFID	radyo frekansı ile tanımlama
SC	kısım kontrolü
SHGM	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
TL	Türk Lirası
VRA	değişken oranlı uygulamalar
VRT'ler	değişken oranlı uygulama teknolojileri
VTOL'ler	dikey kalkış ve iniş yapan uçaklar

Giriş

Bu Ek 7, Türkiye'de Tarım için Dijital Teknolojiler - *Bir İnceleme başlıklı FAO/EBRD yayınının bir parçasıdır.* Ek 1-6 bu incelemenin bir parçası olarak yayımlanırken, Ek 7 uzunluğu nedeniyle ayrıca yayımlanmıştır. Bu, ilgili kitlelerin önemli içeriğe erişimini kolaylaştıracaktır. Ek 7, tarımda dijital teknoloji kullanımının gerçek hayattaki örneklerini, kullanım durumlarını göstermek için ana teknoloji türlerine göre gruplandırılmış olarak göstermektedir. Burada gösterilen vakalar, yapılan görüşmelere dayanarak sentezlenmiştir ve ilgili teknolojinin benimsenmesini ve kullanılmasını kolaylaştıran ve engelleyen başlıca faktörleri örneklemektedir. Kullanım örnekleri, ayrıntıları incelemenin Ek 5'inde bulunabilecek belirli çiftçilere veya tarımsal işletmelere atıfta bulunmaktadır.

TARIMSAL METEOROLOJİ İSTASYONLARI

Teknolojinin kısa tanımı

Dijital Tarımsal meteoroloji istasyonları, Türkiye'de en yaygın kullanılan dijital teknolojiler arasındadır. İstasyonlar hava sıcaklığı, nem, yağış, küresel radyasyon, rüzgar hızı ve yönü, toprak nemi ve yaprak ıslaklığını ölçmek için sensörlerle donatılmıştır. Sensörler bulut tabanlı yazılıma ve bir kullanıcı arayüzüne (akıllı telefon, tablet veya masaüstü) bağlanır. Boyut ve model türüne bağlı olarak, dijital meteoroloji istasyonları aşağıdaki hizmetleri sağlayabilir:

- Temel hava durumu parametrelerinin (sıcaklık, yağış, rüzgar hızı; toprak nemi, vb.) hiper yerel gerçek zamanlı ölçümü ve kaydı.
- Gün-derece,[1] soğuk saatler,[2] ve toplam buharlaşma gibi türetilmiş parametreler.
- Hiper yerel hava tahmini ve pestisit ilaçlama gibi tarımsal uygulamaların uygunluğuna ilişkin göstergeler.
- Hava durumu verileri ve ürün büyüme modellerinden elde edilen risk seviyelerine dayalı olarak sulama planlaması ve hastalık erken uyarısı için ürüne özel öneriler.

Yatırım maliyetleri, büyüklük ve modele bağlı olarak 650-3'700 avro arasında değişmekte, ayrıca hiper yerel hava tahminleri ve hastalık ve sulama modelleri gibi diğer hizmetler için yıllık abonelik ücretleri de eklenmektedir. Bölüm 2'de belirtildiği üzere, hizmet olarak yazılım veya istasyon kiralama gibi bazı alternatif iş modelleri de ortaya çıkmıştır.

1 "Gün-derece" birikmiş ısı birimlerinin sayısını ölçmek için kullanılır. Bir gün-derece, 24 saat boyunca sıcaklık alt eşiğin bir derece üzerinde olduğunda belirli bir hastalık veya zararlının maruz kaldığı sıcaklıktır. Minimum gün-derece eşiğine ulaşıldığında, ilgili zararlı veya hastalığın salgın riski yükselir.

2 "Soğuk saatler", yaprak döken bir meyve ağacının her yıl çiçeklenme ve meyve üretimi için ihtiyaç duyduğu soğuk saat veya gün sayısıdır. Her meyve ağacı çeşidinin meyve üretimi için ihtiyaç duyduğu kendi soğuklama saati sayısı vardır.

Ana sağlayıcılar

Metos (Pessl Instruments) en yaygın kullanılan markadır. Doktar, Topraq ve Görsentam gibi diğer yerel tedarikçiler de yakın zamanda pazara girmiştir. Uluslararası markalar arasında Meteobot (Smart Soil tarafından dağıtılmaktadır) ve Davis bulunmaktadır. Buna ek olarak, risk yönetimi ve erken uyarı, tarımsal yayım, sübvansiyon tahsisi ve resmi istatistikler de dahil olmak üzere tüm tarımsal destek hizmetleri için tek durak hizmet noktası oluşturma girişimi olan TARBİL projesi kapsamında kurulan yaklaşık 400 saha meteoroloji istasyonu bulunmaktadır (ayrıntılar için ana rapordaki Kutu 1'e bakınız).

Kullanım durumları ve benimseme seviyeleri

Meteoroloji istasyonları, kendi birincil üretim sahaları ve/veya sözleşmeli çiftçileri olan tarım işletmeleri; özellikle meyve bahçelerinde orta ve büyük ölçekli üreticiler; çiftçi örgütleri ve kamu sektörü kuruluşları tarafından kullanılmaktadır. Metos bugüne kadar 900'den fazla müşteriye yaklaşık 2 500 ünite satmıştır. Paylaşımlı çiftlik kullanımı nedeniyle, çok daha fazla sayıda çiftçi hizmetlerden faydalanmaktadır.[3]

Görüşülen kişiler aşağıdaki kullanım alanlarını bildirmiştir:

- Hiper yerel hava tahminleri, tarımsal faaliyetlerin planlanmasına (örneğin ilaçlama) veya meyve bahçesi üretiminde don (örneğin Adana'daki narenciye çiftçileri, Anadolu Etap) veya dolu gibi aşırı hava olaylarına karşı koruma tedbirleri alınmasınayardımcı olur.
- Bir sezon boyunca önemli hava parametrelerinin gün-derece olarak sahaya özgü ölçümü, uzmanların ekonomik kayıp eşiklerine dayalı olarak ilaçlama veya diğer koruyucu önlemlere olan ihtiyacı belirlemek için zararlı ve hastalık risklerinin seviyelerini ve kritik eşiklerini belirlemelerine olanak tanır. Hastalık durumunda bu, hastalık belirtileri ortaya çıkmadan önce ihtiyati ilaçlama yapılmasına olanak tanıyarak bitki koruyucuların miktarının ve sıklığının azaltılmasına yol açar.
- Birkaç yıl boyunca sahaya özgü iklim verilerinin veri kaydı işlevi aşağıdakilere yardımcı olabilir
  - tarımsal ürünün çeşidinin seçimine destek olmak (örn. Anadolu Etap, Mustafa Teke);
  - Verim ve kaliteyi öğrenmek ve iyileştirmek için geçmiş sezonlardaki tarımsal uygulamaları belirli hava durumu verileri bağlamında analiz etmek (Adana'da bir narenciye çiftçisi olan Burak ve Doluca tarımsal işletmesi).
- Kaydedilen iklim verileri, tarım sigortası taleplerini desteklemek için ek kanıtlar da sağlamaktadır (örneğin çiftçi Mustafa Teke).
- Toplam buharlaşma verilerine dayalı sulama planlaması (özel bulut tabanlı yazılımla birleştirilirse), alanın büyüklüğüne ve toprak koşullarına bağlı olarak ek toprak nem sensörleri ile birlikte.

3 Fenoloji, hava durumu ile zararlı gelişimi gibi biyolojik süreçler arasındaki ilişkilerin incelenmesidir. Gün-derece modelleri olarak da bilinen fenoloji modelleri, pestisit uygulamaları gibi zararlı yönetimi faaliyetlerinin en iyi zamanlamasının tahmin edilmesine yardımcı olabilir. Bu modeller, bir zararlının büyümesinin bulunduğu yerin sıcaklığıyla yakından bağlantılı olduğu gerçeğine dayanmaktadır. Fenoloji modelleri takvim günü bazında değil, ısı birimi (gün-derece) ölçeğinde çalışır. Metos Türkiye'den kullanıcı giriş verilerine dayalı bilgiler.

KUTU 1

TARIMSAL METEOROLOJİ İSTASYONLARININ PRATİKTEKİ UYGULAMALARINA ÖRNEKLER

Anadolu Etap, 2015 yılındaki kuruluşundan bu yana sekiz meyve bahçesi plantasyonunun tamamında Metos meteoroloji istasyonlarını kullanmaktadır. Normalde, düz arazide 120 hektar ile 1000 hektar arasında büyüklüğe sahip bir plantasyonun tamamını kapsamak için bir istasyon yeterlidir. Çeşit seçimini bilgilendirmek için tarihi hava durumu verileri kullanılmıştır. Ayrıca, hava tahmini ve hastalık erken uyarı fonksiyonları, ilaçlama ihtiyacını ve diğer saha operasyonlarının en iyi zamanlamasını belirlemek için kullanılır. Şirket, bazı çiftliklerinde karar destek sistemini tamamlayan dijital ve analog toprak nem sensörleri ve zararlı tuzakları da kullanmaktadır.

Kemalpaşa Ziraat Odası, meteoroloji istasyonları ve hastalık modelleri ***ya da don uyarısı*** ve hastalık erken uyarıları kullanmaktadır. Kiraz yüksek değerli bir üründür ve Kemalpaşa'nın mikro iklimi, çoğunlukla ihraç edilen çok erken bir hasada izin vermektedir. İzmir Adnan Menderes havalimanındaki en yakın kamu hava durumu istasyonu yeterince hassas hava durumu verileri sağlamamaktadır ve sıcaklık farkları 6 dereceye kadar çıkabilmektedir. Kemalpaşa Ziraat Odası, İzmir Büyükşehir Belediyesi'nden her biri 5 km yarıçaplı iki meteoroloji istasyonu aldı. Toplamda 10 000 küçük meyve bahçesi üreticisi kapsanmış ve bunlardan 7 000'i erken uyarı için SMS mesajlarına abone olmuştur. Don erken uyarı mesajlarına ek olarak, ilaçlamanın azaltılması, **pestisit kalıntılarını ve özellikle ihracat pazarında reddedilme riskini azaltmak için kritik** öneme sahiptir.

Doluca, ürün kalitesini artırmak için meteoroloji istasyonlarını kullanmaktadır. Zirai uygulamaların uygun zamanlamasını ve hastalıklar için ilgili erken uyarı işlevlerini bildirmek için gerçek zamanlı ve tahmini hava durumu bilgilerine ek olarak, dijital iklim istasyonlarının kayıt işlevleri ürün kalitesini artırmak için önemli parametreler sağlar. Özellikle yüksek kaliteli segmentleri hedefleyen şarap gibi sofistike ürünler için, zirai uygulamalar ve toprak koşulları ile birlikte iklim parametrelerine ilişkin ayrıştırılmış tarihi verilerin hassas analizi kaliteyi optimize etmek için kullanılabilir.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

Genel geri bildirim

Dijital tarımsal meteoroloji istasyonları, bu çalışma için görüşülen çiftçiler ve tarım uzmanları tarafından hem kamu hem de özel kullanıcılar için net kullanım alanlarına sahip güvenilir bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir. Kullanıcılar, ana zararlılar ve hastalıklar için sahaya özgü risk eşiklerinin belirlenmesinin, pestisit kataloğuna dayalı rutin uygulamaların geleneksel uygulamalarına kıyasla pestisit uygulamalarının miktarını ve sıklığını azaltmalarına yardımcı olduğunu bildirmişlerdir. Buna ek olarak, hiper yerel hava durumu verilerinin yanı sıra gün-derece gibi kaydedilen parametreler, büyüme mevsimi boyunca pestisit ilaçlama ve diğer tarımsal işlemler için en uygun zamanlamayı belirlemek için yararlı görülmüştür. Bu birleşik etkiler üçlü fayda sağlamaktadır: (i) pestisitler ve bunların uygulanmasıyla ilgili maliyet tasarrufu; (ii) işçiler için sağlık riskleri de dahil olmak üzere daha düşük çevre kirliliği; ve (iii) daha düşük pestisit kalıntıları. Sonuncusu özellikle kiraz gibi yüksek değerli ihraç ürünleri için önemli olmakla birlikte elma ve diğer meyveler için de geçerlidir.

Sıklık açısından, erken uyarı işlevine sahip hastalık modelleri en yaygın kullanılan işlevdir ve bunu sahaya özgü hava durumu verileri (gelişmiş tarımsal yönetim için güncel ve geçmiş) izlemektedir. Toprak yapısındaki farklılıklar gibi diğer önemli faktörler nedeniyle sulama planlaması için meteoroloji istasyonlarının kullanımı daha sınırlıdır. Bu nedenle, daha güvenilir sonuçlar elde etmek ve daha geniş bir alanı kapsamak için Tarımsal meteoroloji istasyonlarının toprak nemi sensörleriyle birleştirilmesi gerekir. Hava tahmin fonksiyonlarının güvenilirliğine ilişkin geri bildirim daha karışıktır ve doğruluk seviyeleri daha çok yerel mikroklimatik koşullara bağlı görünmektedir. Tahmin hizmeti ücrete tabi olduğundan, bazı çiftçiler kamuya açık birkaç veri kaynağını kullanmayı tercih etmekte ve çiftliklerinde benzer hassasiyette tahminler edinmektedir. (örneğin ADATUB üyeleri).

Teknoloji zorlukları

- İstasyonlar, büyüklüğü mikro iklim koşullarının heterojenliğine bağlı olan sınırlı bir yarıçapa sahiptir. Genel olarak, koşulların daha homojen olduğu düz arazilerde daha iyi çalışırlar. Engebeli arazilerde daha fazla miktarda istasyonlara ihtiyaç duyulur.
- Özel bilgi ve eğitime sahip olmayan sıradan çiftçiler verileri yorumlayamayabilir. Kullanıcı arayüzleri her zaman kullanıcı dostu olarak kabul edilmez.
- Nispeten yüksek yatırım maliyetleri ve bulut tabanlı analitik hizmetlerin takip maliyetleri, meteoroloji istasyonlarını küçük ve orta ölçekli üreticiler için kapsam dışı bırakmaktadır.
- Bakım ihtiyacı ve hırsızlık riski vardır.

Çıkarılan dersler

- ***En güçlü kullanım alanı meyve bahçeleri ve sera üretimi gibi yüksek değerli ürünlerdir.*** Yüksek düzeyde yerel hassasiyetin gerekli olduğu durumlarda daha iyi bir maliyet-fayda oranı vardır. Ek avantaj: özellikle ihracat durumunda kalıntılarının azaltılması. Uzaktan algılamaya dayalı çözümler, daha geniş alanlarda ve düz arazilerde ekilen daha düşük değerli ürünler için daha uygundur.
- ***Saha istasyonları tarafından üretilen verilerin yorumlanması gerekmektedir.*** Bu da iyi bir zirai bilgi gerektirir. İstasyon bir risk eşiği belirtir, ancak ne zaman ve nasıl müdahale edileceği kararının çiftçi veya tarım uzmanı tarafından alınması gerekir. Bu, teknoloji

sağlayıcısının eğitimini ve desteğini gerektirir (tarım uzmanları ve eğitimli çiftçiler dahil). Birçok durumda, verileri uygulanabilir tavsiyelere dönüştürmek için özel eğitimli tarım uzmanlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

- ***Tamamlayıcı saha gözlemi ihtiyacı***s. Uygulamada, çiftçiler veya tarım uzmanları yazılım tarafından belirtilen zararlı eşiklerini saha gözlemleri ve diğer doğrulama yöntemleri (örn. zararlı tuzakları) ile tamamlarlar. Bu nedenle, meteoroloji istasyonları erken uyarı ve karar destek aracı olarak kullanılmaktadır.
- ***Paylaşımlı çiftlik kullanımı özellikle mikroklimatik değişkenliğin düşük olduğu düz alanlarda işe yarar.*** Tepelik alanlarda yarıçap çok daha sınırlıdır ve istasyonların yoğunluğunun artırılması gerekir.
- ***Özellikle paylaşımlı çiftlik kullanımı durumunda, çiftçilerin tarımsal uygulamaları üzerindeki etkisi hakkında daha fazla kanıta ihtiyaç vardır.*** Hastalık modellerinden elde edilen tavsiyelere dayalı olarak pestisit uygulamalarının sıklığının ve miktarının azaltıldığına dair güçlü gözleme dayalı kanıtlar olsa da, çiftçilerin davranışlarını ne ölçüde değiştirdiklerini ölçmek için birden fazla mevsimi kapsayan titiz karşılaştırmalı çalışmalar bulunmamaktadır. Paylaşımlı çiftlik kullanımı söz konusu olduğunda, SMS mesajları yoluyla çok sayıda çiftçiye hızlı erişim mekanizmalarının etkilerinin, tavsiye mesajlarının içeriğindeki değişiklikten (kahvehanelerde basılı duyurular vb. gibi önceki mekanizmalara kıyasla) ayrılması gerekmektedir.

Genişleme potansiyeli

Yüksek. TARBIL projesi kapsamında başlangıçta planlandığı gibi, ilgili analitik yeteneklere sahip geniş bir tarımsal meteoroloji istasyonları ağı, bir halk hastalıkları erken uyarı sistemi dahil edilerek güçlendirilebilir. Tarımsal meteoroloji istasyonları, yayımcıların kanıta dayalı tavsiyelerde bulunma (hem uzaktan hem de yerinde) ve saha ziyaretlerine öncelik verme becerilerini daha da güçlendirebilir. Toplu veriler, iklim değişikliğinin izlenmesine ve konuma özel uyum stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olacaktır. Artan bir istasyon ağı, TARSİM tarım sigortası havuzu için ürün geliştirmenin yanı sıra hasar tespitini de kolaylaştıracaktır. Münferit istasyonlardan (kamu ve özel) gelen veriler birbirine bağlanabilir ve belirli kullanıcılar merkezi bir platform üzerinden verilere istasyon ağı genişlemiş olur. İstasyonların optimum yoğunluğu mikroklimatik değişkenliğe bağlıdır. Özellikle dağlık bölgelerde (Türkiye'nin büyük bir bölümünü kapsamaktadır) daha yüksek yoğunluklu istasyonlar, verilerin doğruluğunu ve paylaşımlı çiftlik kullanımına ilişkin erken uyarı mesajlarını artıracaktır. Orta ve büyük ölçekli çiftçiler ve çiftçi örgütleri/kooperatifleri arasında da özellikle meyve bahçesi üretiminde önemli bir pazar potansiyeli bulunmaktadır.

Teknolojinin yaygınlaştırılması, yeni iş ve finansman modelleriyle (örneğin kiralama, kredi finansmanı veya "hizmet olarak sensör" modelleriyle) daha uygun fiyatlı hale getirilebilir. Ürün inovasyonu, yerel ziraatçıların mevcut olmaması durumunda gelişmiş kullanıcı desteğini (örneğin, yardım hattı veya sohbet mesajları yoluyla uzaktan ziraatçı desteği) içerebilir. Sözleşmeli üretim yapan çiftçilerle çalışan çiftçi örgütleri veya tarım işletmeleri için kamu eş finansmanı da alımı güçlendirebilir.

Kurulan saha iklim istasyonlarının daha üst düzey iklim değişikliği izleme ve adaptasyon, erken uyarı ve üretim planlama amaçları için kullanımı, kamu ve özel istasyonların entegrasyonu yoluyla geliştirilebilir.
Nispeten geniş bir alanı kapsadıkları için, tarımsal meteoroloji istasyonları genellikle kullanıma sunulan ilk teknoloji olmuştur. Zararlıların erken uyarılması ve izlenmesi için dijital zararlı tuzağı izleme ve - toprak sensörleri dahil edildiğinde - gelişmiş sulama yönetimi gibi diğer nesnelerin interneti (IoT) cihazlarının entegrasyonu yoluyla işlevler çeşitlendirilebilir.

TOPRAK NEM SENSÖRLERİ VE SULAMA OTOMASYONU

Teknolojinin kısa tanımı

Toprak nemi seviyeleri, toplam buharlaşma (ET) oranları ve diğer parametrelere dayalı olarak sulama gereksinimlerini daha iyi izlemek için farklı teknolojiler mevcuttur: (i) dronlar ve uydu görüntüleri aracılığıyla uzaktan algılama; (ii) belirli ürünler için ET oranlarını hesaplayan tarla meteoroloji istasyonları; (iii) doğrudan bitkilerin kök bölgesinin farklı derinliklerindeki nem seviyelerini ölçen toprak nemi sensörleri ve bu teknolojilerin kombinasyonları. Toplam buharlaşma ve toprak nemi uzaktan algılama ve Tarımsal meteoroloji istasyonları aracılığıyla da ölçülebilirken, toprak nemi sensörleri, toprak sıcaklığı ve tuzluluğunun yanı sıra mahsullerin kök bölgesi boyunca farklı derinliklerdeki (1,2 metreye kadar) toprak nemi seviyelerinin daha hassas, otomatikleştirilmiş gerçek zamanlı ölçümüne olanak tanır. Modeller, probun uzunluğuna, prob başına sensör sayısına, veri aktarımteknolojisine[4] ve ayrıca kalite[5] ve uzun ömürlülüğe göre farklılık gösterir. Problar bir veri kaydediciye ve verileri analiz eden bulut tabanlı bir yazılıma bağlanır. Farklı kök bölgesi seviyelerindeki mevcut toprak nemine ilişkin bilgiler, sulama ihtiyacını görselleştiren ve bildirimler gönderen bir akıllı telefon uygulamasında görüntülenir. ET tahmin fonksiyonlarına sahip meteoroloji istasyonları ile birleştirilirse, sulama programları önceden oluşturulabilir.

Toprak yapılarının heterojenliğine ve topografik koşullara bağlı olarak, meyve bahçesinin farklı yerlerine birkaç sensörün yerleştirilmesi gerekir. Çiftçiler, teknoloji sağlayıcılar ve tarım uzmanları verilere uzaktan erişebilir ve çiftçiler uzaktan tavsiye alabilir.

Yatırım maliyetleri, derinlik ve prob başına sensör sayısı, yazılım yetenekleri, veri iletim teknolojisi ve kalite/dayanıklılık gibi faktörlere bağlı olarak prob başına 370-2 000 avro arasında değişmektedir. Buna ek olarak, yazılım için yıllık lisans ücretleri satın alma fiyatının yaklaşık yüzde 10'una denk gelmektedir.

Türkiye'deki ***başlıca sağlayıcılar*** Sentek (Avustralya, Smartsoil ve Metos aracılığıyla), Topraq, Metos ve Doktar'dır.

Kullanım alanları ve benimseme seviyeleri

Toprak nem seviyeleri ve toplam buharlaşma oranları hakkında gerçek zamanlı bilgi eksikliği nedeniyle çiftçiler, özellikle meyve ağaçları gibi yüksek değerli ürünlerde "güvenli tarafta" olmak için aşırı sulama yapma eğilimindedir. Ancak, pompaj için yüksek enerji faturalarının olumsuz sonuçları, özellikle damla sulama kullanan meyve bahçesi çiftçileri tarafından son yıllarda daha güçlü bir şekilde hissedilmiştir. Ayrıca aşırı sulama, yeraltı su seviyeleri üzerindeki uzun vadeli etkilerinin yanı sıra ağaç sağlığına zarar verebilir ve hastalık baskısını artırabilir.

4 Bluetooth, Google Mobil Hizmetleri (GMS) veya LoRaWAN.
5 Yazılım (algoritmalar, kullanıcı arayüzü) ve donanım açısından.

Dijital toprak nem sensörleri, çiftçilerin bir tarlanın veya plantasyonun farklı bölgelerindeki bitki bazlı sulama ihtiyaçlarına dayalı hassas sulamaya geçmelerine yardımcı olarak su ve enerji tüketiminin ve ilgili maliyetlerin azaltılmasını sağlar. Bazı çiftçiler toprak nem sensörlerini tek başına kullanırken, diğerleri bunları tarla iklim istasyonları ile birleştirmektedir. Şimdiye kadar sensörler, prob başına kapsama alanıyla ilişkili olarak yüksek yatırım maliyetleri nedeniyle çoğunlukla meyve bahçesi üretiminde ve daha az ölçüde seralarda ve tarla sebzelerinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, pamuk gibi daha yüksek değerli tarla ürünlerinde de potansiyel bir kullanım alanı vardır. Sensörler yalnızca çiftçilerin su kaynağının zamanlaması ve miktarı üzerinde tam kontrole sahip olduğu ve tarlanın farklı bölümlerindeki sulama seviyelerini ayarlayabildiği basınçlı sulama sistemlerinde (damla ve yağmurlama) kullanışlıdır.

Kullanılan cihaz sayısı, kullanıcı sayısı ve kapsanan alan bilinmemekle birlikte, tedarikçiler ve çiftçilerle yapılan görüşmeler son yıllarda hızlı bir genişleme olduğunu ve pazara yeni girenlerin çiftçiler arasında perakende pazarlama yaptığını göstermektedir.

KUTU 2

TOPRAK NEM SENSÖRLERİNİN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Çukurova'daki narenciye çiftçileri son zamanlarda dijital toprak nem sensörlerini kullanmaya başladı. Çiftçiler, su ve enerji tüketiminde yüzde 20-30 arasında bir azalma olduğunu bildirmekteler. Sulama sistemlerinin ağırlıklı olarak pompa tabanlı olduğu düşünüldüğünde, enerji maliyetleri toplam üretim maliyetlerinin önemli bir belirleyicisidir. Aynı zamanda, sulama suyunun aşırı kullanımı akiferlerin tükenmesine ve yeraltı suyu seviyelerinin düşmesine katkıda bulunmakta, bu da pompalama maliyetlerini artırmaktadır.

MAPEKS Manisa'nın Salihli ilçesinde organik çilek üreticisidir. Çiftlik 2020 yılında kurulmuş ve toprak nemini yönetmede zorluklarla karşılaşarak ilk yıl boyunca önemli kayıplar yaşamıştır. Çilekler toprak nemine ve sıcaklığına karşı çok hassastır ve mantar hastalıklarına karşı duyarlıdır. Mapeks daha sonra bir tarımsal meteoroloji istasyonuna ve toprak nemi seviyeleri ve sulama önerileri hakkında gerçek zamanlı veri sağlayan hastalık modellerinin yanı sıra mantar hastalığı riskleri hakkında erken uyarı sağlayan dört toprak nemi sensörüne yatırım yapmıştır. Üretim organik olduğu için şirket bakteri bazlı biyopestisitler kullanmaktadır. Toprak neminin daha iyi yönetilmesi mantar hastalığı baskısının azalmasına yardımcı olmuş ve böylece kayıplar ve tedavi ihtiyacı azalmıştır.

Bergama'daki pamuk çiftçileri. Better Cotton Initiative tarafından Avrupa İmar ve Kalkınma Bankası (EBRD) desteğiyle uygulanan bir pilot projede, toprak nem sensörleri Bergama'da damla sulama kullanan iki pamuk çiftçisiyle birlikte denenmiştir. Pilot aşamanın değerlendirme raporunda yer alan bilgilere göre, sulama zamanlarını sensör verilerine göre belirleyen çiftçiler, kontrol tarlasına kıyasla sezon boyunca sulama suyu miktarında yüzde 43,7 oranında tasarruf sağladı.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

Genel geri bildirim

Kullanıcı geri bildirimleri, kullanıcı dostu olması (sulama ihtiyaçları akıllı telefonda kolayca görselleştirilebiliyor) ve Türk tarımının iki temel kısıtını (artan su kıtlığı ve enerji maliyetleri (pompa sulaması için)) ele alması açısından açık ve somut faydalar sağlaması bakımından oldukça olumlu olmuştur. Modern meyve bahçelerinde bu teknolojiye yönelik artan bir talep vardır.

Teknoloji zorlukları

- Problar nispeten pahalıdır ve sınırlı bir menzile sahiptir. Doğrulukları ve aralıkları uygun kalibrasyona ve toprak yapısının homojenliğine bağlıdır. Tedarikçilere göre, bir prob 5-10 hektar meyve bahçesini kapsayabilir.
- Toprak yapılarının heterojenliği göz önüne alındığında, benzer ürünlere sahip bitişik arazileri olan küçük çiftçiler dışında, paylaşımlı çiftlik kullanımı için sınırlı bir kapsam vardır.
- Pil ömrü ve bozulma sorunlarından bahsedilmiştir (örneğin Doluca, bazı modellerde toprak nem sensörlerinin 2-3 yılda bir değiştirilmesi gerektiğini belirtmiştir).
- Yazılım lisansının ve pillerin yenilenmesi gerekir.
- Tüm saha IoT cihazlarında olduğu gibi sorunlar veya bakım gereklilikleri ve hırsızlık.

Belirtildiği gibi, toprak sensörleri bir tarlanın veya meyve bahçesinin farklı bölümlerinde farklı sulama seviyelerine izin veren sulama sistemleri gerektirir ve bu nedenle kamuya ait yerçekimine dayalı salma sulama planlarında bireysel çiftçiler tarafından kullanılamaz. Damla sulama durumunda, maksimum prob sayısı, bir meyve bahçesinin/tarlanın farklı bölümlerindeki sulama seviyelerini düzenlemek için vana sayısıyla bağlantılıdır.

Çıkarılan dersler

Dijital toprak nem sensörleri nispeten basit bir teknolojidir. Yatırım maliyetleri ve sınırlı alan kapsamı göz önüne alındığında, en güçlü kullanım alanı, yeraltı suyu pompalamasına dayanan ve hassas sulamanın kısa vadede önemli enerji maliyeti tasarrufu sağlayabileceği meyve bahçeleri ve diğer yüksek değerli ürünler (örneğin seralarda muz üretimi) içindir. Uydu verileri, ağaçların altındaki toprak nemini ölçemediği için meyve bahçelerinin sulama yönetimi için uygun değildir. Ancak mevcut fiyatlarla sensörler çoğu tarla ürünü için çok pahalıdır.

Yüksek maliyetler göz önüne alındığında, daha düşük maliyetlerle ek ölçüm noktaları eklemek için dijital problar genellikle manuel toprak nem ölçerlerle (tansiyometreler) birleştirilir.

Genişleme potansiyeli

Yüksek. Modern meyve bahçelerinde, özellikle artan enerji maliyetleri ve iklim değişikliğiyle daha da kötüleşen su kıtlığı karşısında önemli bir potansiyeli vardır. Teknoloji, uygulanabilirliği ve kullanışlılığına tanıklık eden bazı öncü çiftçiler tarafından halihazırda benimsenmiştir. Bazı yerli sağlayıcılar Adana, Aydın, Manisa ve diğer illerdeki ticari meyve bahçesi üreticilerine yönelik perakende pazarlama ve erişim faaliyetlerine başlamıştır. Yüksek enerji fiyatları benimseme için başlıca itici güç olsa da, artan su kıtlığı ve daha yüksek su kullanım verimliliğini teşvik etmek için hacimsel su fiyatlandırmasının olası bir uygulaması, hassas sulamanın (ve bir ön koşul olarak basınçlı sulama sistemlerinin) yaygınlaşması için daha fazla itici güç olacaktır.

Daha küçük çiftçiler için daha fazla genişleme ve satın alınabilirlik, artan satış hacimleri ve rekabetle birlikte cihaz ve hizmet fiyatlarının düşmesinin yanı sıra şu anda bazı sağlayıcılar tarafından sunulan kiralama veya "hizmet olarak sensör" modelleri gibi yenilikçi pazarlama stratejilerine de bağlı olacaktır. Ayrıca, toprak nemi sensörleri ET'yi hesaplamak için tarımsal meteoroloji istasyonları veya uzaktan algılama ile birleştirilirse daha az sayıda sensöre ihtiyaç duyulur. Farklı IoT cihazlarından ve uzaktan algılamadan gelen verilerin entegrasyonu, alan kapsamının ve hassasiyetinin optimize edilmesine olanak tanır.

Fayda-maliyet oranının daha kötü olduğu tarla bitkileri için potansiyel daha sınırlıdır. Özellikle tarla bitkilerinin kök bölgeleri meyve bahçelerindeki kadar derin olmadığından, uzaktan algılamaya dayalı teknolojiler burada daha iyi çalışabilir. Uzaktan algılamanın avantajı, çok daha geniş alanlarda nemi ölçebilmesi ve yüksek çözünürlüklü toprak nemi haritaları oluşturabilmesidir; bu da tarlanın münferit alanlarındaki mahsul veriminin modellenmesine ve genel üretim verimliliğinin artırılmasına olanak tanır. Bu alanın sürekli geliştiği göz önüne alındığında, uydu verilerinin potansiyeli gelecekte daha da artacaktır.

Dijital toprak nem sensörleri, sulama otomasyonuna giden yolda bir basamaktır. Sulama otomasyonu, dijital toprak nem sensörlerini kablosuz olarak pompa istasyonlarını ve vanaları uzaktan kumanda ile yöneten merkezi bir kontrol ünitesine bağlar. Modern yüksek teknolojili seralarda (gübreleme ile birlikte) oldukça yaygın olsa da, açık alanda kullanım hala başlangıç aşamasındadır. Otomasyonun başlıca avantajları arasında işçilik maliyetlerinin azaltılması ve herhangi bir zamanda (gece dahil) sulama yapılabilmesi yer almaktadır.

Daha büyük çiftlikler ve şirketler sulama otomasyonuyla özellikle ilgilenmektedir çünkü sulama sistemlerinin çalıştırılmasıyla ilgili işçilik maliyetlerini (vanaları açıp kapatmak, toprak nem seviyelerini kontrol etmek vb. için gereken personel süresi) azaltmaktadır. Sulama otomasyonunun önde gelen tedarikçilerinden Netafim'e göre, Türkiye'de NetBeat'in yüzde 80'i meyve bahçelerinde, yüzde 14'ü seralarda ve yüzde 5'i tarla bitkilerinde olmak üzere yaklaşık 60 aktif kullanıcısı bulunmaktadır. Kullanıcıların yaklaşık üçte ikisi çiftçilerden, üçte biri ise şirketlerden oluşmaktadır. Kullanıcıların yetiştirdikleri başlıca ürünler ceviz, narenciye, muz (seralarda) ve zeytindir. Ceviz, zeytin ve badem söz konusu olduğunda, yüksek arazi fiyatları nedeniyle, daha büyük çiftliklerde (50-100 ha) üretimin genişletilmesi, çoğunlukla daimi yerleşik işgücünün bir kısıtlılık haline geldiği ve otomasyon ve uzaktan kontrol talebini artıran uzak bölgelerdeki tepelik arazilerle sınırlıdır. İthal muz fiyatlarındaki artış nedeniyle yerli muz üretimi daha rekabetçi hale gelmiştir ve sera üretimindeki yatırımcılar otomatik çözümlerle ilgilenmektedir.

Ancak, yatırım maliyetleri yüksektir ve sistemin çiftlik düzeyinde düzgün bir şekilde kurulmasında zorluklar vardır (Kutu 3). Genel olarak, kısa ve orta vadede genişleme potansiyeli düşük görünmektedir.

KUTU 3

SULAMA OTOMASYONU - ANADOLU ETAP'IN DENEYİMLERİ

Anadolu Etap elma, şeftali, erik, nektarin, kayısı, kiraz, vişne, Trabzon hurması, narenciye, nar ve zeytin üretimi yapan 3 000 hektarlık arazisiyle Türkiye'nin en büyük meyve bahçesi işletmecisidir. Şirket, Balıkesir'deki Tahirova çiftliğinde (1 000 hektarlık sert çekirdekli meyveler) sulama otomasyonu da dahil olmak üzere çok sayıda dijital teknolojinin pilot uygulamasını gerçekleştirmektedir. Sulama ve gübreleme otomasyonu için pH, tuzluluk, toprak sıcaklığı ve iletkenliği ölçen sensörlerin yanı sıra gübrelemeyi yönetmek için bir sensörle donatılmış Agronic sistemlerini kullanarak başladı. Bununla birlikte, sensörlerin hatalı ölçümleriyle ilgili sürekli sorunlar yaşanmıştır (kısmen sık elektrik kesintilerinden kaynaklanmaktadır) ve Agronic sorunu çözememiştir. Bu nedenlerle Anadolu Etap, WiseConn'un (Türkiye'de Smart Soil tarafından dağıtılmaktadır) sulama otomasyonu çözümünü ve Netafim'in kablosuz veri aktarımına olanak tanıyan radyo frekansına dayalı yeni toprak nemi sensörlerini test etmektedir.[6] İdeal olarak sistemlerin entegre olması, Netafim sensörlerinin WiseConn sulama otomasyon sistemine beslenmesi ve Agronic'in gübreleme işlevini yerine getirmesi gerekmektedir.

Bu nedenle şirket şu anda sulama yönetimini bilgilendirmek için Netafim'in dijital toprak nemi sensörleri ile Agronic'in pH, tuzlanma, toprak sıcaklığı ve iletkenlik sensörlerinden oluşan hibrit bir sistem işletmektedir. Çiftlik operatörleri bu veri girdilerine dayanarak Smart Soil sulama sisteminden sulamayı gerçekleştirmesini, Agronic sisteminden de gübreyi sulama suyuyla karıştırmasını manuel olarak ister. Şirket çeşitli nedenlerle otomasyon işlevlerini tam olarak kullanmamaktadır: (i) sensörlerin zaman zaman yanlış ölçüm yapması; (ii) sistemler arasındaki bağlantı ve entegrasyon sorunları; (iii) elektrik dalgalanmaları; (iv) kemirgen kaynaklı tehlikeler ve (v) Tahirova Çiftliği'ndeki heterojen toprak yapısı göz önüne alındığında dijital sensör sayısının yetersiz olması.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

6 SmartSoil yalnızca Bluetooth kullanan sensörler sunmaktadır, bu da ölçüm amacıyla her sensöre fiziksel olarak yakın olmayı gerektirir.

DİJİTAL ZARARLI İZLEME TUZAKLARI

Teknolojinin kısa tanımı

Dijital zararlı tuzakları, tarladaki zararlı popülasyonunun veya belirli zararlıların uzaktan gerçek zamanlı olarak izlenmesini sağlar ve kritik istila seviyeleri hakkında uyarılar verir. Zararlılar ya feromon ya da yapışkan tabakalar/yapışkan bant aracılığıyla tuzak tarafından çekilir. Cihaz, düzenli olarak fotoğraf çeken ve bunları veri aktarıcıları aracılığıyla çevrimiçi olarak kullanıma sunan yüksek çözünürlüklü bir kamera ile donatılmıştır.[7] Görüntü tanıma yazılımı, belirli zararlıları tanımlar ve sayar ve kullanıcıları yakalanan zararlı popülasyonu ve düzeltici eylem gerektiren kritik eşikler hakkında bilgilendirir. Erken tespit, hasarı ve pestisit veya diğer kontrol önlemlerinin miktarını azaltan zamanında müdahaleyi mümkün kılar. Bir tuzağın kapsama düzeyi tarlanın büyüklüğüne, ürün türüne ve hedef zararlıya bağlıdır. Meyve bahçeleri ve üzüm bağları için bir cihaz 1-1,5 hektar, bazen meyve bahçesi alanı düzse daha fazla (5 hektara kadar) alanı kapsayabilir. Tarla bitkileri için genellikle 5-7,5 hektar için 1 ünite gereklidir. Ancak tarla alanı düz ise 10 hektara kadar 1 ünite yeterlidir.

Yatırım maliyetleri. Dijital bir feromon tuzağı yaklaşık 1000 avro, renkli bir tuzak ise yaklaşık 1100 avrodur. Feromon ve yapışkan plakaların değiştirme maliyetleri dikkate alınmalıdır. Cihazlar her zaman görüntülerin gösterildiği ve izlendiği bir yazılımla çalışır.

Ana sağlayıcılar. Türkiye'deki ana tedarikçiler Metos (iScout ürünleri), Doktar (Dijital Zararlı Tuzağı) ve Görsentam'dır (G-tuzağı). Pazara yeni tedarikçiler de girmektedir (örneğin Topraq Tarim). Metos, 2021 yılında BASF'nin gelişmiş saha keşif ve görüntü tanıma özelliklerine sahip dijital çözümü Xarvio ile bir ortaklığa girmiştir. BASF, Metos'un iScout ürününün Türkiye'deki dağıtım ortağı olmuştur.

Kullanım alanları ve benimseme seviyeleri

Şu anda, dijital tuzaklar çoğunlukla analog tuzaklar tarafından tamamlanan erken uyarı sistemleri olarak kullanılmaktadır. Belirli zararlıların tespit edilme olasılığının daha yüksek olduğu ve ek saha denetimi ihtiyacını tetikleyen kritik eşikleri karşılayan belirli alanlara yerleştirilirler. Bu, özellikle büyük tarlalarda zaman ve emek yoğun olan saha incelemesi ve zararlı sayımı ihtiyacını rasyonelleştirmeye yardımcı olur. Dijital kameralar aracılığıyla çekilen görüntüler ve risk seviyelerine ilişkin yapay zekâ (AI) tabanlı analizler, eylem ihtiyacını bildirebilir ve pestisit uygulamalarının veya biyolojik kontrol önlemlerinin rasyonelleştirilmesine yardımcı olabilir.

Faydaları arasında zamanında harekete geçme, yarı otomatik karar desteği ve manuel tuzaklarda saha incelemesi ve zararlı sayımı için harcanan işgücü/zamanın azaltılması yer almaktadır. Hastalık modellerinde olduğu gibi, ilaçlama veya diğer teknikleri içerebilecek uygun tedavi yöntemine çiftçi veya tarım uzmanı karar vermelidir. Tuzaklar, asmada asma güvesi ve pamukta koza kurdu gibi çeşitli zararlılar için kullanılmaktadır.

7 Dijital tuzakların dört ana versiyonu vardır: (1) feromon tuzakları (zararlılara özgü feromon yem ve yapışkan plaka ile); (2) renkli tuzaklar (farklı zararlı türlerini çeken mavi, sarı ve beyaz yapışkan tuzaklar ile); (3) meyve sineği tuzakları (hedef olmayan zararlıları önlemek için girişlerde 3 mm ağlar, yem ve metal plaka ile); (4) zararlı tuzakları (zararlıları yakalayan tek girişli metal alt plaka ile).

Bu teknoloji Türkiye'de henüz yeni kullanılmaya başlanmıştır ve kullanıcı sayısı henüz sınırlıdır. Görüşülen bazı kişiler (özellikle tarım işletmeleri) tedarikçilerden deneme amaçlı olarak veya çok uluslu bitki koruyucu tedarikçilerinden ücretsiz olarak bir veya birkaç ünite almıştır. Dijital zararlı tuzakları, özel tarım işletmeleri (örneğin Anadolu Etap), tarım il müdürlükleri (örneğin Bursa'daki tüm yetiştiriciler için) ve ziraat odaları (örneğin Kemalpaşa'daki kiraz yetiştiricileri için) ve Ege'deki pamuk çiftçileri dahil olmak üzere çeşitli kuruluşlar tarafından pilot olarak uygulanmaktadır. Çeşitli tedarikçilerle (Metos, Doktar, Topraq) yapılan görüşmeler, hem kamu hem de özel sektörden dijital tuzaklara yönelik artan bir talep olduğunu göstermektedir.

KUTU 4

SÖKE'DEKİ PAMUK TARLALARINDA DİJİTAL ZARARLI TUZAKLARININ TEST EDİLMESİ

EBRD tarafından finanse edilen ve İyi Pamuk Uygulamaları Derneği (IPUD) tarafından uygulanan Türkiye'de Sürdürülebilir Pamuk Değer Zincirlerinin Desteklenmesi Projesi, entegre zararlı yönetiminin (IPM) uygulanmasını desteklemek ve pestisit uygulamalarını azaltmak amacıyla Söke (Aydın İli) ve Bergama'daki (İzmir)[8] dört orta ölçekli pamuk çiftçisiyle çeşitli dijital teknolojilerin pilot uygulamasını yapmıştır. Bu bağlamda, dört çiftliğin her birindeki deneme arazilerine iki tarımsal meteoroloji istasyonu, altı sanal meteoroloji istasyonu, sekiz feromon tuzağı, dört renk tuzağı ve iki toprak sensörü kurularak bir erken uyarı sistemi oluşturulmuştur. Bu sistemler aracılığıyla güncel hava durumu verileri, hava tahminleri, erken iklim, hastalık ve zararlı uyarıları, sulama ve toprak tuzluluğu izlenmektedir. Sistemin kurulmasından sonra, sağlayıcıların temsilcileri IPUD'a, uzman ekibe ve çiftçilere eğitim vermiştir. Sistem şu anda çalışır durumdadır ve bu parametreler sık sık izlenmektedir.

Yeşil kurt popülasyonunu izlemek için kullanılan feromon tuzakları iyi çalışmış ve dört çiftlikten yalnızca birinde ekonomik kayıp eşiğine ulaşılmıştır. Dolayısıyla, geniş bir zararlı yelpazesine karşı mevcut ihtiyati pestisit uygulaması yerine, pilot sezon boyunca sadece dört çiftçiden birinin ilaçlama yapması gerekmiş, ancak onlar da pestisit prospektüsüne dayanarak öncekinden daha az ilaçlama yapmıştır.

Tüm zararlı türlerini çeken renkli tuzaklar, görüntü tanıma yazılımı kırmızı örümcekleri ve yaprak bitlerini yakalanan diğer zararlılardan ayırt edememiş ve sayım hassas olmadığı için beklendiği gibi çalışmamıştır. İlgili zararlıların manuel olarak sayılması akıllı telefonda mümkün olmamış ve çoğu çiftçinin sıklıkla kullanmadığı daha büyük bir ekran (tablet veya kişisel bilgisayar) gerektirmiştir. Doğal Hayatı Koruma Vakfı ve IPUD ekibinin görüntüleri haftalık olarak analiz etmesi ve çiftçileri zararlı popülasyonu ve tedavi yöntemleri hakkında bilgilendirmesi gerekmiştir.

Metos'a göre sorun, yazılımda yapılan yeni bir iyileştirme ile giderilmiştir.

Genel olarak, proje personeli, zararlı tuzaklarının eğitimle birlikte çiftçilerin belirli zararlıları izlemelerine ve pestisit kokteyli uygulamak yerine daha özel bir şekilde yanıt vermelerine yardımcı olduğu sonucuna varmıştır.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

8 Frankfurt School of Finance and Management (FS) ve World Wildlife Fund (WWF) iki yıllık pilot uygulama süresince teknik destek sağlamıştır.

Genel geri bildirim

Şimdiye kadarki sınırlı deneyime rağmen, genel kullanıcı geri bildirimi olumlu olmuştur. Feromon tuzaklarının özellikle iyi çalıştığı ve önceden belirlenmiş rutinlere dayalı önleyici ilaçlama yerine kanıta dayalı zararlı yönetimi stratejilerinin benimsenmesine yardımcı olduğu bildirilmektedir. IPUD pilot uygulamasının (Kutu 4) da ortaya koyduğu gibi, bu sonuçlar sadece birkaç çiftçiyle yapılan bir yıllık deneyimlere dayansa da, ilaçlama sıklığı ve miktarındaki potansiyel azalma önemli olabilir.

Teknoloji zorlukları

- Dijital tuzakların maliyeti analog tuzaklara kıyasla hala nispeten yüksektir.
- IPUD pilot uygulaması ayrıca piyasadaki tüm çözümlerin düzgün çalışmadığını, bunun da kullanıcı güvenini zedeleyebileceğini ve alımı yavaşlatabileceğini göstermektedir.
- Çiftçilerin dijital tuzakları satın alma ve kullanma konusundaki istekliliği henüz görülmemiştir.
- Bakım ihtiyacı, lisans ücretleri ve hasar ve hırsızlık riski.

Çıkarılan dersler

Dijital tuzaklar, uzaktan algılama veya Tarımsal meteoroloji istasyonları aracılığıyla iklim parametrelerinden türetilen risk olasılıklarına dayalı erken uyarı işlevlerini, günde 24 saat çalışan saha tabanlı izleme işlevi görerek tamamlayabilir. Ayrıca, geleneksel tuzaklara dayalı zararlı sayımları zaman alıcıdır ve ilgili zararlıları yeterince tanımlamak, saymak ve ilgili risk eşiklerini belirlemek için eğitim ve uzmanlık gerektirir. Uygulamada, çiftçiler genellikle tarım uzmanlarının yardımına ihtiyaç duymaktadır. Zararlı tuzaklarının iyi işleyen dijital izlemesi bu zorlukların üstesinden gelebilir ve manuel tuzakların sık sık sahada incelenmesi ihtiyacını azaltabilir.

Cihazlar analog tuzaklardan çok daha maliyetlidir ve meyve bahçeleri veya sebzeler gibi yüksek değerli mahsullerin yanı sıra yoğun pestisit kullanımı gerektiren bazı tarla mahsulleri için daha uygundur. Sınırlı alan kapsamı ile birlikte, hala analog tuzaklar gerektiren kapsamlı zararlı izleme amaçlarından ziyade bir erken uyarı cihazı olarak daha uygundur. Ayrıca, maliyetleri göz önüne alındığında, teknoloji orta ve büyük ölçekli çiftlikler veya kamu sektörü kuruluşları için daha uygundur. Öte yandan, benzer ürünlere sahip bitişik arazileri olan küçük çiftçiler bazı dijital tuzakları paylaşabilir ve bunları manuel tuzaklarla tamamlayabilir, çünkü birleşik işgücü ve girdi tasarrufları yatırımı ekonomik olarak uygun hale getirebilir.

Genişleme potansiyeli

Yüksek. İklim değişikliği ve artan iklim değişkenliği, zararlıların ortaya çıkışını daha öngörülemez hale getirecek, bu da güvenilir erken uyarı ve izleme sistemlerine olan ihtiyacı artıracaktır. Aynı zamanda, ekonomik ve çevresel nedenlerle ilaçlama sıklığının ve miktarının azaltılması gerekmektedir. Dijital tuzaklar, ürün kayıpları açısından büyük bir etkiye sahip olabilecek kritik zararlıların kanıta dayalı erken tespitini güçlendirerek buna katkıda bulunabilir.

Daha büyük özel operatörlerin yanı sıra il ve ilçe müdürlükleri ve diğer kamu kurumları tarafından analog tuzaklar aracılığıyla zararlı izleme için gereken işgücü maliyetlerinin rasyonelleştirilmesine yardımcı olabilirler. Dijital tuzaklar, kamu sektörünün zararlılar ve hastalıklarla ilgili erken uyarı ve izleme sistemini güçlendirmek için dijital meteoroloji istasyonlarını ve uzaktan algılamayı tamamlayabilir.

UZAKTAN ALGILAMA / COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS)

Teknolojinin kısa tanımı

Uydu görüntülerine dayalı uzaktan algılama, tarla düzeyinde izleme ve karar desteğinden bölgesel, ulusal ve hatta küresel düzeylerde daha üst düzey izleme ve analize kadar tarımda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Uzaktan algılama sensörleri verileri analog formatta (hava fotoğrafları) ve uydulardaki dijital kameralar/sensörler tarafından kaydedilen elektromanyetik radyasyon (EMR) değerlerini depolayan pikseller içeren iki boyutlu matrislerle (görüntüler) dijital formatta kaydeder.[9] Uydulardaki sensörler pasif veya aktiftir; ikincisi bulut örtüsü ile ilgili sorunların üstesinden gelebilir.[10] Uzaktan algılama teknolojisi EMR dizilerini ölçer ve yorumlar. Toprak nemi, toprak sıcaklığı ve diğer parametrelerin yanı sıra çeşitli vejetasyon endeksleri hesaplanabilir ve izlenebilir.

Sensör teknolojileri ilerledikçe, yeryüzü gözlem uyduları uzaktan algılama uzmanlarına araştırmalarını destekleyecek ve mevcut analizleri geliştirecek yeni veriler sağlamaktadır. Uydu verileri, hem kamu hem de özel kaynaklardan ücretsiz olarak daha yüksek çözünürlüklerde temin edilebilir hale gelmiştir.[11] Genel olarak, uydu verilerinin bulunabilirliği, kalitesi ve maliyetleri son yıllarda muazzam ölçüde artmıştır ve bu eğilim devam edecektir. Çoğu tarım teknolojileri hizmet sağlayıcısı, Sentinel ve Landsat verilerini, bazen özel uydu ve hava durumu verileri sağlayıcılarının verileriyle birleştirerek kullanmaktadır.

Hiper yerel hava tahmini, yapay zekâ ve derin öğrenme alanındaki ilerlemelerle birlikte, tarımda çok çeşitli kullanım alanları ortaya çıkmaktadır. Bazı örnekler şunlardır:

- arazi örtüsü, arazi kullanımı ve ilgili değişikliklerin tespiti ve izlenmesi;
- ekinlerin ve tarla sınırlarının belirlenmesi;
- Çeşitli coğrafyalarda ve bölgesel ölçeklerde belirli ürünlerin toplam alanının tahmin edilmesi;
- fenolojik aşamalar boyunca sezon içi mahsul büyümesinin izlenmesi;
- Hasat zamanı ve hasat edilen hacimlerin tahmini;
- toprak nemi, toprak sıcaklığı ve besin stresinin ölçülmesi ve izlenmesi;
- Beş yıllık ortalamalara dayalı verim haritalarının oluşturulması;
- risk puanları, konuma özgü tarihi verim haritaları ve iklim verilerine dayanmaktadır.

9 Elektromanyetik radyasyon (EMR) farklı dalga boylarında harmonik dalga modellerini yansıtır. Uzaktan algılamada en bilgilendirici dalga boyları görünür ışık, yakın kızılötesi (NIR), kısa dalga kızılötesi (SWIR), uzak kızılötesi (FIR) ve mikrodalga bantlarıdır (Omia *vd.*, 2023).

10 Pasif uzaktan algılama sensörleri nesneler tarafından yansıtılan veya nesnelerden yayılan radyasyonu kaydeder. Aktif sensörler hedef nesneye doğru radyasyon yayar ve bu EMR'nin ne kadarının ölçüm sistemine geri döndüğünü kaydeder.

11 Uzaydan multispektral görüntüler elde eden birçok uydu bulunmaktadır. En yaygın olanları şunlardır: Sentinel-2, Landsat 8, Planetscope, Sky Sat. Landsat 30 m, Sentinel-2 10, 20 veya 60 m (banda bağlı olarak), Planetscope 3 m ve SkySat 1 m uzamsal çözünürlükte veri sağlamaktadır. Zamansal çözünürlük düzenlidir. Örneğin, Landsat 8 her 16 günde bir kullanılabilirken, Sentinel-2 her 3-5 günde bir kullanılabilir (bölgeye bağlı olarak). Planetscope ve Skysat günlük çözünürlüğe sahiptir.

Ana sağlayıcılar

Türkiye'de çoğunlukla yerli uydu hizmetleri sağlayıcıları bulunmaktadır. Yerli sağlayıcıların çoğu Doktar, Tarla I.O, Agrovisio, Agcurate ve Farmlabs gibi startup'lardır. Çok az sayıda uluslararası sağlayıcı pazara girmiştir. Örnek olarak Manna (sulama yönetimi) ve Metos (hastalık erken uyarı) verilebilir.

Hizmetlerin maliyetleri alana, hizmetlerin kapsamına, çözüm düzeyine vb. bağlıdır ve bireysel müşterilerle müzakere edilir. Ana raporun 2. Bölümünde belirtildiği gibi, bazı sağlayıcılar pazara girmek için daha küçük alanlarda freemium modelleri kullanmaktadır.[12]

Kullanım durumları ve benimseme seviyeleri

Tarımla ilgili potansiyel kullanım alanlarının genişliğine rağmen, uydu verilerinin Türkiye'de özel sektör tarafından kullanımı hala sınırlıdır. Bu çalışma için yapılan araştırma sırasında özel sektörde karşılaşılan başlıca kullanım örnekleri şunlardır:

- Ürün tanımlama ve belirli bölgelerdeki belirli ürünlerin toplam üretiminin haritalanması;
- İlgili uyarı ve tavsiye mesajları ile fenolojik aşamalar boyunca mahsul büyümesinin izlenmesi;
- sahalardaki sorunlu noktaların tespiti ve bir yardım hattı aracılığıyla uzaktan destek imkanı;
- sözleşmeli üretim yapan çiftçileri desteklemek için tarım işletmeleri tarafından istihdam edilen yayım çalışanlarının saha ziyaretlerine ve çiftçilere uzaktan destek verilmesine öncelik verilmesi;
- sulama yönetimi;
- hastalık erken uyarısı.

12 2021 yılında, 10m piksel boyutuna sahip temel izleme ve erken uyarı hizmetlerinin bazı kullanıcıları tarafından hektar ve yıl başına 15-50 TL arasında fiyatlar bildirilmiştir. Daha yüksek çözünürlüklü daha gelişmiş hizmetler için maliyetler daha yüksektir.

KUTU 5

UYDU HİZMETLERİ KULLANICILARINA ÖRNEKLER

TEKFEN Tarım, sözleşmeli buğday, susam ve patates tohumu üreticileri için DOKTAR'ın ürün takibi hizmetleri ORBIT'i kullanmıştır. Toplam alan dokuz ilde toplam 3 600 hektarlık 435 tarlayı kapsamaktadır. Uydu görüntüleri Doktar tarım uzmanı tarafından analiz edilerek sorunlu noktalar tespit edilmiştir. TEKFEN Agri'nin sekiz agronomisti takip saha ziyaretleri gerçekleştirmiştir. Sistem, sorunlu noktaların belirlenmesine dayanarak, geniş coğrafi alanlara dağılmış üreticileri kapsayan şirket tarım uzmanlarının saha ziyaretlerini planlamalarına ve önceliklendirmelerine yardımcı olmuştur.[13]

Assan domates üretiminin yüzde 60-70'ini, her biri ortalama 5 hektar araziye sahip (toplamda yaklaşık 1 500 hektar) 250-300 sözleşmeli çiftçiden sağlamaktadır. Şirket 2017 yılında, anlaşmalı olduğu çiftçilere SMS yoluyla hastalık erken uyarıları ve sulama önerileri sağlamak için Metos'tan iki tarımsal meteoroloji istasyonu satın almıştır. Assan, 2020 yılında sonuçları karşılaştırmak amacıyla fiziksel istasyonların yanı sıra uzaktan algılanan ve enterpole edilen hava durumu verilerine dayanan METOS'un Sanal Hava Durumu İstasyonlarını tanıtmıştır. Sanal istasyonlar, uzaktan algılamanın yeterince doğru olduğu su kütlelerinin bulunmadığı düz arazi alanları nedeniyle, toprak sıcaklığını ölçmek ve hastalık erken uyarıları açısından benzer şekilde doğru bulunmuştur. Bu nedenle Assan, bakım ihtiyacı ve hırsızlık riski olmadan fiziksel istasyonların maliyetinin yalnızca yüzde 30'una sahip olan sanal istasyonlara geçmeye karar vermiştir. Sanal istasyonlar ayrıca, istasyonların fiziksel olarak yer değiştirmesine gerek kalmadan, her sezon domates üretim yerindeki değişikliklere uyum sağlamak için daha fazla esneklik sağlar.

Kayseri Şeker, şeker pancarı üreticilerinin sulama yönetimini iyileştirmek için bir sezon boyunca Manna'yı kullanmıştır. Kayseri Şeker hizmetin kalitesinden çok memnun olsa da fiyatı çok yüksek buldu ve hizmeti durdurmuştur. Şirket şu anda Agrovisio'nun mahsul alanı tespiti ve mahsul büyümesi izleme hizmetlerini test etmektedir.

TAT, kombine sulama ve hastalık yönetimi için METOS'un fiziksel ve sanal meteoroloji istasyonları ile birlikte Manna'yı[14] kullanmaya devam etmektedir. Ayrıca, bazı sözleşmeli çiftçi tarlalarında ürün büyümesini izlemek, sorunlu noktaları tespit etmek ve hastalık erken uyarısı için Doktar ve Tarla'yı kullanmaktadır. Teknoloji, 2,5 hektardan fazla arazisi olan çiftçiler için iyi sonuç vermektedir.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

13 Üst yönetimin değişmesinin ardından TEKFEN Tarım, 2022 yılında bazı dijital tarım hizmetlerini durdurmuştur.

14 Eurodrip'in uydu görüntüleri ve hiper yerel hava durumu verilerini mahsul modelleri ve yerel tarla koşullarına (toprak, sulama sistemi türü vb.) ilişkin verilerle entegre eden uzaktan algılama tabanlı sulama yönetimi hizmeti.

Sözleşmeli üretim yapan çiftçiler için uydu tabanlı hizmetleri kullanan bazı tarım işletmeleri örnekleri bulunmaktadır (Kutu 5). Ana raporun 2. Bölümünde de belirtildiği üzere, bazı bankalar, girdi ve ekipman sağlayıcıları, temel ürünlerini çapraz satmak, müşteri sadakatini artırmak ve yeni müşteriler çekmek için tarım teknolojileri sağlayıcılarından temin ettikleri uydu tabanlı hizmetleri, diğer bilgi ve hizmetlerle birlikte akıllı telefon uygulamaları aracılığıyla müşterilerine sunmaktadır.

Araştırma sırasında uydu verilerini ücret karşılığında kullanan az sayıda çiftçi vakası tespit edilebilmiştir. Örneklerden biri, mısır üretimi için Bayer'in Field View ürününü kullanan büyük ölçekli bir süt üreticisi olan FEYZ Süt'tür. Bir başka örnek de Gaziantep'teki büyük bir pamuk üreticisinin (Murat Salih) yerel bir tedarikçi tarafından sunulan uydu hizmetlerini denemesi ancak çözünürlüğü (10 m piksel boyutu) yönetim amaçları için yetersiz bulmasıdır. Önder Çiftçi, 2019 yılından bu yana üyelerine erken uyarı işlevlerine sahip uydu tabanlı mahsul izleme hizmetleri sunmaktadır, ancak bu hizmetlerin alımı sınırlı kalmıştır. Yerel hizmet sağlayıcılarla yapılan görüşmeler de, özellikle ücret alınması durumunda, hizmetin bireysel çiftçilere pazarlanmasının zorluklarını teyit etmektedir. Bununla birlikte, yardım hattı işlevine sahip bir keşif hizmeti sunan ana yerel hizmet sağlayıcılarından (Doktar ve Tarla I.O.) elde edilen veriler, hizmetler kurumsal müşteriler tarafından ödenmesine rağmen daha yüksek sayıda kullanıcıya işaret etmektedir. Örneğin, İmeceMobil'in gübreleme ve sulama hizmetleri için mevcut ödeme yapan müşterilerinin çoğu İşbank tarafından müşterileri için ödenmektedir. Doğrudan ödeme yapan İmeceMobil müşterilerinin sayısı çok sınırlıdır.

Metos sanal meteoroloji istasyonları ve Tarla I.O. gibi uzaktan algılamaya dayalı hastalık erken uyarılarının doğruluğu sınırlı kalmıştır ve büyük ölçüde topografik koşullara bağlıdır.

Pazar istihbaratı amacıyla farklı coğrafi ölçeklerde ürün tanımlama, haritalama ve ekim alanının miktarının belirlenmesi için uydu tabanlı hizmetlerin bazı kullanımları olmuştur. Örneğin, girdi tedarikçileri belirli bir bölgede farklı ürünler için ekilen toplam alan bilgisine dayanarak potansiyel talebi ve pazarı belirleyebilir. Aynı şekilde, ekim desenini ve zaman içindeki büyüme eğilimlerini/değişimlerini anlamak, kapasite artırımı ve yeni yatırımlar gibi stratejik kararların alınmasına yardımcı olur. Bazı gıda işleyicileri, mahsul ve verim potansiyeli açısından potansiyel kaynak alanlarını belirlemek için stratejik planlama amacıyla uzaktan algılamaya dayalı mahsul tahminini kullanmaktadır.

Uydu verilerinin bankalar ve sigorta şirketleri tarafından kullanımı bugüne kadar çok sınırlı olmuştur.

Genel geri bildirim

Uydu tabanlı mahsul izleme ve danışmanlık hizmetlerinin tarım işletmeleri ve diğer kullanıcılar (örneğin bankalar, sigorta şirketleri, girdi tedarikçileri) için çekiciliği, nispeten düşük maliyetlerle geniş alanları kapsama potansiyelleriyle bağlantılıdır. Ancak, uydu tabanlı hizmetlerin kalitesi ve kullanışlılığına ilişkin geri bildirimler karışıktır. Bazı tarım işletmeleri bu hizmetleri faydalı ve ödenen paranın karşılığı olarak görürken, diğerleri görüntülerin mevcut çözünürlüğünü (10 m piksel boyutu) ürün yönetimi için yetersiz bulmaktadır. Akıllı telefon uygulamalarında görüntülenen haritalardaki nesnelerin yanlış temsil edildiği vakalar da bildirilmiştir. Bu durum, yerli tedarikçiler tarafından sağlanan çözümlerde bazı kalite sorunlarına işaret etmektedir. Öte yandan, daha yüksek çözünürlüklü hizmetler mevcuttur, ancak şirketler ödeme yapmakta isteksizdir.

Teknoloji zorlukları

- Genel olarak, mevcut çözünürlük daha küçük arazilerin etkili bir şekilde izlenmesi için yetersizdir.
- Daha yüksek çözünürlük mevcut olsa da, etkin talep (ve ödeme istekliliği) sınırlıdır.
- Sağlayıcılar ödeme yapan müşterileri çekmekte zorluklarla karşılaşmaktadır. Sadece çiftçiler değil, hizmetler için sürekli olarak ödeme yapmaya istekli tarım işletmelerinin sayısı bile sınırlı görünmektedir.
- Uygulamalar tarafından oluşturulan görsel imgelerin ve haritaların yorumlanması bir miktar eğitim gerektirir ve çiftçiler tarafından kolayca gerçekleştirilemez.
- Şu anda piyasada bulunan bazı hizmetlerin kalitesi ve doğruluğu ile ilgili bazı sorunlar var gibi görünmektedir.

Çıkarılan Dersler

Birçok potansiyel kullanım alanına rağmen, uydu tabanlı hizmetler için pazar hala sınırlıdır. Hizmet sağlayıcılar, uygulanabilir iş modelleri ve ödeme yapan müşteriler bulmakta zorlanmaktadır. Bazıları, hizmeti tanıtmak için belirli bir alan eşiğine kadar hizmetlerin ücretsiz olarak sunulduğu freemium modeller sunarken, daha büyük kurumsal müşteriler ücretlendirilmektedir. Bir yerel hizmet sağlayıcısının da belirttiği gibi: "Herkes uydu görüntülerinin değer katabileceğine inanıyor, ancak kimse bunun için ödeme yapmak istemiyor. Sahip olunması gereken bir şey olarak görülüyor ama olmazsa olmaz değil." Muhtemelen benzer nedenlerden dolayı şu anda pazara uluslararası sağlayıcıların girişi sınırlıdır.

Ödeme istekliliği aynı zamanda hizmetin kalitesine ve kullanıcılar tarafından algılanan somut faydalara da bağlıdır. Doğru uydu tabanlı izleme ve danışmanlık hizmetlerinin geliştirilmesi, mahsuller ve bölgeler arasında yüksek doğruluk seviyelerine ulaşmak için birkaç yıl boyunca algoritmaların eğitilmesi ve yer gözlemi yoluyla kalibrasyon yapılmasını gerektirir. Bu, özel bir dış destek almadıkları sürece pahalı ve çoğu startup'ın imkanlarının ötesindedir. Mevcut aşamada ödeme yapan müşteri sayısının sınırlı olmasıyla birlikte, bazı startup'lar Türkiye pazarından çoktan çıkmış ya da yeni iş modelleri ve kullanım alanları arayışına girmiştir. Mevcut yerel tedarikçilerde bir miktar konsolidasyon olması muhtemeldir ve bazı uluslararası tedarikçiler çok uluslu şirketler ve kurumsal müşterilerin desteğiyle pazara girebilir.

Mevcut çözünürlük seviyelerinde (ve daha yüksek çözünürlüklü görüntülerin fiyatlarında), uydu görüntüleri daha büyük alanlar (2,5 hektar ve üzeri) için uygundur. Ayrıca, daha küçük araziler çiftçiler tarafından kolayca incelenebilir ve çözünürlük daha düşük maliyetlerle sunulabilse bile uydu görüntülerinin değer teklifi daha zor olabilir. Bu nedenle, uydu görüntüleri tarla bitkileri üreten daha büyük araziler/çiftlikler için ve muhtemelen değişken oranlı uygulamalarla bağlantılı olarak daha uygun görünmektedir. Meyve bahçelerinde, dikey olarak iniş kalkış yapan uçakların (VTOL'ler) dronları daha güvenilirdir.

Genel olarak, uydu verilerinin avantajları, daha düşük saha seviyesi hassasiyetinin gerekli olduğu daha yüksek coğrafi kümelerde (örneğin ilçe, bölge veya ulusal) daha net görünmektedir. Dolayısıyla, girdi sağlayıcılar için pazar araştırması (belirli ürünlere özgü girdiler ve teknolojiler için potansiyel pazarlar, tarlaların ve müşterilerin coğrafi konumu) ve tarım işletmeleri veya süpermarketler için potansiyel tedarik için daha net kullanım durumları vardır.

Genişleme potansiyeli

Yüksek. Kamu politikalarının izlenmesi (örneğin Avrupa Birliği tarafından uygulandığı gibi sübvansiyonların kullanımı); tarım istatistiklerinin iyileştirilmesi, tarımsal üretimin ve arazi kullanımının havza ve ulusal düzeyde izlenmesi, ekili ve ekili olmayan alanların tespiti, farklı ürünlerle ekilen alan büyüklüğünün belirlenmesi vb. dahil olmak üzere uydu verilerinin kamu sektöründe kullanımını genişletmek için önemli bir potansiyel vardır. Bunun bir kısmının halihazırda Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yapıldığı ve bazı hizmet sağlayıcılarla sözleşme yapıldığı anlaşılmaktadır, ancak CBS kullanımının mevcut türü ve düzeyi bu çalışma sırasında değerlendirilememiştir.

Ayrıca özel sektörde tarımsal istihbarat, yer ve ürün seçimi, pazar araştırması ve risk yönetimi ile ilgili birçok potansiyel kullanım alanı bulunmaktadır. Bu kullanım alanları, uydu teknolojilerinin daha düşük maliyetlerle kullanılabilirliği ve kalitesindeki sürekli ilerlemenin yanı sıra yapay zekâ ve büyük veri analitiğindeki gelişmelerle birlikte daha net bir şekilde ortaya çıkacaktır. Hektar bazında, dron tabanlı uzaktan algılama verileri halihazırda yüksek çözünürlüklü uydu verilerinden kat kat daha pahalıdır. Tekrar ziyaret süresi, birden fazla uydudan gelen verinin kullanımı ile de iyileştirilebilir. Finans sektöründe de önemli potansiyel kullanım alanları vardır; örneğin bankalar ve sigorta şirketleri, kredi değerlendirme süreçlerinin bir parçası olarak belirli mahsuller ve yerler için iklim riski puanlarını belirlemek üzere uydu verilerini kullanabilir. Diğer potansiyel kullanım alanları arasında farklı mahsuller ve bölgeler için pazar büyüklüğünün tahmin edilmesi, hasat takibinin yanı sıra geçmişte ekilen mahsullerin ve elde edilen verimlerin doğrulanması yer almaktadır.

Uydu verilerinin kullanılabileceği bir diğer alan da yenileyici tarım ve karbon tarımı uygulamalarının izlenmesidir. Uydu verileri, mevcut toprak karbon dengesini değerlendirmek için gereken toprak testlerinin sayısını azaltabilir ve baklagil örtü bitkileri, doğrudan tohumlama, malçlama ve ürün rotasyonu gibi yenileyici tarım uygulamalarına dayalı değişiklikleri izlemek için modelleri kalibre edebilir. Ayrıca, değişken oranlı gübreleme hakkında bilgi veren verim haritaları sağlayarak verimliliğin artırılmasına ve azotlu gübreleme seviyesinin azaltılmasına yardımcı olabilir. Özel karbon piyasasındaki potansiyel uygulamaların, teknolojiler olgunlaştıkça artması muhtemeldir.

ÜRÜN TAKİBİ VE İLGİLİ ANALİZLER İÇİN DRON KULLANIMI

Teknolojinin kısa tanımı

Tarımsal dronlar, uzaktan algılamaya dayalı izleme hizmetleri ve analitiklerin yanı sıra pestisit ve gübre püskürtme de dahil olmak üzere bir dizi hizmet sağlayabilir. Uydu görüntülerine benzer şekilde, çiftçiler, sigorta ve finans kurumları, tarım üreticileri ve politika yapıcılar dron teknolojisini kullanabilir. Bunların kullanımı Türkiye'de giderek daha popüler hale gelmiştir. Sektör tahminlerine göre ülkede 500 ila 1000 arasında tarımsal dron bulunmaktadır. Ancak, ana kullanım alanı pestisit ilaçlama gibi görünmektedir (bir sonraki bölümde ele alınacaktır).

Dron görüntüleri, uydu verileriyle benzer hizmetler ve analizler sağlayabilir. Temel fark, dronların uydulardan elde edilenden daha yüksek çözünürlükte görüntüler üretirken, mekansal kapsama alanlarının çok daha düşük olmasıdır.[15] Diğer avantajlar ise dronların bulutların altında uçması ve uçuşların herhangi bir zamanda planlanabilmesi ve uyduların kapsama alanlarıyla sınırlı olmamasıdır. Tarımsal dronlar genellikle kullanıcıların kapsanacak alanı belirleyebildiği uçuş planlama yazılımına sahiptir ve yazılım, küresel konumlandırma sistemi (GPS) koordinatlarına dayalı bir uçuş yolu sunar. Dronlar sensörler ve yerleşik kameralar aracılığıyla görüntü üretir ve ideal olarak mahsullerin ve vejetasyonun yeşil, kırmızı, kırmızı kenar ve yakın kızılötesi dalga bantlarını yakalayan multispektral veya hiperspektral kameralarla donatılmıştır (Hafeez *vd.,* 2022). Bu dalga bantları, yaprakların farklı stres seviyelerine göre mahsul sağlığı hakkında bilgi sağlamak için gerçek zamanlı olarak değerlendirilen çeşitliendeksler[16] halinde hesaplanmaktadır (FAO, 2018). Yüksek çözünürlüklü termal kameralara sahip dronlar, tarım alanlarının yanı sıra çiftlik hayvanlarını uzaktan incelemek ve izlemek için de kullanılmaktadır. Termal kameralı dronlar, bir tarlanın kuru kısımlarını, ölü ağaçları, sürüleri izlemenin yanı sıra tarım alanlarındaki hayvan varlığını belirlemeye yardımcı olur.

Dron görüntü analizi şu amaçlarla kullanılır: (1) zararlıları, hastalıkları ve yabani otları tespit etmek; (2) toprak verimliliğini ve besin eksikliklerini değerlendirmek; (3) ağaçları saymak, aralıkları ölçmek, kanopiyi boyutlandırmak ve hastalıklı veya ölü ağaçları belirlemek; (4) mahsul verimini tahmin etmek; (5) su stresini, sulama ve drenaj gereksinimlerini ölçmek; (6) ürün hasarını belirlemek; (7) ürünlerin fenolojik gelişim durumunu izlemek; (8) değişken oranlı uygulamalar için reçete haritaları oluşturmak; (9) karbon birikimini ve biyokütleyi ölçmek; (10) gündüz ve gece saatlerinde çiftlik hayvanlarını izlemek ve yerlerini tespit etmek; (11) hasarlı çitleri tespit etmek. Dikey olarak iniş kalkış yapan uçaklar (VTOL) benzer görevleri daha yüksek bir alan kapsama alanında (1 000 km²) gerçekleştirebilir.

Ayrıca, basit kameralarla donatılmış dronlar, yangın veya hırsızlık gibi tehditler de dahil olmak üzere çiftlik yapılarını ve altyapısını izlemek için çiftliğin tam gerçek zamanlı havadan kapsama alanı için kullanılabilir.

15 Görüşülen hizmet sağlayıcılara göre, çözünürlükler 4K görüntü kalitesiyle (4096 x 2160 piksel) piksel başına 1,5-5 cm kadar yüksek olabilmektedir. Uydular tarafından çok yüksek çözünürlüklü görüntüler de üretilse de, bunların tarımda kullanılabilirliği hala sınırlıdır ve maliyetleri oldukça yüksektir.

16 En sık kullanılanlar Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), Bitki-Su Stresi İndeksi (CWSI) ve Vejetasyon-Klorofil İçeriği İndeksidir (CCCI).

Yatırım maliyetleri

Tarımsal dronlardan faydalanmak için iki ana yöntem bulunmaktadır: (i) dron satın almak ve pilot ve görüntü analiz hizmetleri için sözleşme yapmak, (ii) dronları hizmet olarak almak (genellikle hektar başına ücretlendirme yoluyla).[17] Multispektral kameralı bir dronun maliyeti şu anda 10 000-20 000 avro arasında değişmektedir.

Ana sağlayıcılar

Türkiye'deki dron hizmet sağlayıcıları arasında şunlar bulunmaktadır: (i) HEKTAŞ gibi büyük ölçekli tarımsal girdi şirketleri; (ii) TARNET gibi tarımsal teknoloji iştirakleri; ve (iii) bazıları hizmet perakendecisi, bazıları da dron üreticisi ve görüntü işleme yazılımı geliştiricisi olan startup'lardır. Narenciye konusunda uzmanlaşmış sadece bir uluslararası hizmet sağlayıcı tespit edilebilmiştir: SmartSoil tarafından temsil edilen Aerobotics (Güney Afrika). Belirli meyve bahçelerine odaklanan (Provea, Aerobotics) ve belirli hastalıkları tespit edebilen ya da görüntü tanıma teknolojileri aracılığıyla belirli meyve bahçelerinin hasat tahmininde uzmanlaşmış birkaç özel hizmet sağlayıcı da bulunmaktadır (örn. Tarsens, 2024).

Kullanım alanları ve benimseme seviyeleri

Genel olarak, dron tabanlı saha izleme, analiz ve karar desteğine olan ilgi artmakta ve hizmet sağlayıcıların sayısı da artmaktadır. Assan, İzmir Büyükşehir Belediyesi ve Manisa Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB) İl Müdürlüğü de dahil olmak üzere, görüşülen şirket ve kamu kuruluşlarının birçoğu dronları bu tür amaçlar için kullanmak istediklerini ifade etmiştir. Görüşülen şirketler arasında TAT ve Anadolu Etap, multispektral kameralar kullanarak uçuş ve analiz hizmetleri sunan birkaç dron hizmet sağlayıcısını denemiş ancak katma değerin şu anda kamera ve yazılım satın almak için yatırım yapmaya yeterli olmadığına karar vermiştir (Kutu 6).

Dronların daha yaygın kullanımının, çalışanların izlenmesi ve çiftlik alanlarında ve çevresinde hırsızlık veya yangın gibi doğal tehlikelerin tespiti de dahil olmak üzere daha büyük çiftliklerin ve plantasyonların genel gözetimi için olduğu görülmektedir (örneğin Anadolu Etap, Kutu 6). Bir başka örnek de, uydu tabanlı izleme için çok küçük olan sözleşmeli çiftçilerin daha küçük arazilerini (2,5 hektarın altında) izlemek için yüksek çözünürlüklü dijital kameralarla donatılmış dronlar kullanan TAT'tır. Multispektral kameralar ve analitik yeteneklerle donatılmış dronların kullanımı hala oldukça sınırlı görünmektedir.

17 Hizmet sağlayıcılara göre fiyatlar hektar ve uçuş başına 10-35 avro arasında değişmekte olup minimum büyüklük 50 hektardır.

KUTU 6

BÜYÜK BİR MEYVE BAHÇESİ İŞLETMECİSİNİN DRON ANALİTİĞİNE BAKIŞI: ANADOLU ETAP ÖRNEĞİ

Anadolu Etap, çiftlik güvenliğini (meyve hırsızlığı, yangın riski ve iş güvenliği ve sağlığı) izlemek için dronları kullanmaktadır. Bu, operatörün Ağustos 2021'deki büyük orman yangınları sırasında plantasyonlarından birinin yakınındaki bir yangını tespit etmesini ve şirketin zamanında müdahale etmesini sağlamıştır.

Ayrıca şirket, izleme ve analitik amaçlar için dron kullanımını araştırmaktadır: (1) ağaç sayımı ve hastalıklı ağaçların belirlenmesi; (2) mahsul büyümesinin ve sağlığının izlenmesi; (3) satış ekibini proaktif olarak bilgilendirmek için hasat tahmini; ve (4) toprak verimliliğinin izlenmesi ve besin eksikliklerinin tespit edilmesi. Bu, özellikle satış ekibinin hasat tahminlerini mümkün olduğunca erken talep etmesi ve böylece tahmin edilen hacme göre müşterilerle proaktif bir şekilde irtibat kurabilmesi açısından faydalıdır.

Şirket, 2020-2021 yıllarında Ceyhan (220 hektar) ve Tahirova (1000 hektar) çiftliklerinde dron hizmet sağlayıcılarını test etmiştir. Test edilen çözümler, ağaç sayımında ve çiftlikteki toprak yapısının ayırt edilmesinde yeterli performansı göstermiştir. Ancak dronlar, yaprakların altındaki hastalıkları ve zararlıları (örneğin kırmızı örümcekler) tespit etmede düşük performans göstermiştir. Dronların ağaçların altındaki bazı küçük meyveleri tespit edememesi ve tahmin süresinin hasat tarihine çok yakın olması nedeniyle hasat tahminindeki performans da yetersiz bulunmuştur. Anadolu Etap 2022 yılı için multispektral kameralı dronlar satın almak üzere bütçe ayırmış olsa da, denemelerin sonuçlarına göre, yatırım yapmadan önce daha gelişmiş diğer hizmet sağlayıcıları test etmeye karar verilmiştir.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

Genel geri bildirim

Çiftçiler ve tarım işletmeleri arasında dron tabanlı analitiğe olan ilgi artarken, tekil denemelerin ötesinde hizmetlerin mevcut kullanımı şimdiye kadar sınırlı kalmıştır. Hizmetleri deneyen şirketler, hem satın alma hem de hizmet sağlayıcıların maliyetleri açısından, hizmetlerin maliyetlerine göre katma değeri konusunda yeterince ikna olmamışlardır. Özellikle meyve bahçesi işletmecileri tarafından, dronların zararlıları ve hastalıkları tespit etme ya da satış operasyonlarını planlamak için güvenilir bilgiler sağlayacak kadar erken hasat tahminleri yapma konusundaki sınırlı kapasitesi göz önüne alındığında karışık geri bildirimler vardır. Birçok teknoloji sağlayıcısı, teknik karmaşıklıklar, sınırlı talep ve uluslararası sağlayıcıların rekabeti nedeniyle tarım hizmetinden çekilmiştir. Genel olarak, pestisit ilaçlama için dron kullanımına olan ilgi daha güçlü görünmektedir.

Teknoloji zorlukları

- Dronlar, görüntü analizinin yanı sıra çalıştırma ve bakım için de özel uzmanlık gerektirir.
- Dronlar güçlü rüzgar, bulutlar ve yağmur gibi hava koşullarına karşı hassastır, bu da görüntü kalitesini tehlikeye atabilir ve hatta bir kazaya yol açabilir.
- Uçuş süresi sınırlıdır, genellikle 25 dakika, maksimum 35 dakikadır.
- Yasal karmaşıklıklar.

Tarımsal dronların kullanımına ilişkin düzenlemeler Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından denetlenmektedir. Mevcut düzenlemeler dronların, pilotların ve dron hizmeti alanların kayıt altına alınmasını gerektirmektedir. Yönetmelikler pilotlar için sigorta ve dronlar için sigorta gerektirmektedir. Uyum sınırlı kalsa da, yasal külfetler dron kullanımı için maliyetleri ve prosedürleri artırmaktadır. SHGM, yeşil, kırmızı ve renksiz bölgeleri içeren bir uçuş bölgesi haritası yayınlar. Yeşil olmayan bölgelerdeki tüm tarımsal dron uçuşları SHGM'den izin almalıdır. Kırmızı bölgelerde dron kullanımına istisnai olarak izin verilmektedir. Türkiye'nin güneydoğu sınır bölgeleri uçuş operasyonlarını engelleyen kırmızı bölge içinde yer almaktadır.

Çıkarılan dersler

- Daha yüksek çözünürlükleri göz önüne alındığında, dron tabanlı görüntüler, özellikle meyve bahçesi üretiminde uydu görüntülerine kıyasla daha hassas analitik sonuçlar sağlayabilir.
- Uydu verileri aracılığıyla uzaktan algılamaya benzer şekilde, dron tabanlı analitik, yüksek doğruluk elde etmek için algoritmaların çok dikkatli bir şekilde eğitilmesini gerektirir ve bu da önemli ölçüde zaman ve yer alıştırması için yatırım gerektirir. Türkiye'de bulunan dron hizmet sağlayıcılarının çoğu farklı sektörlerde çalışmakta ve tarım alanında sınırlı uzmanlığa sahiptir.
- Multispektral kameralar ve ilgili yazılımlarla donatılmış dronların yüksek maliyeti ve uzmanlaşmış hizmet sunumu nedeniyle, dron teknolojisine yapılan yatırımların amorti edilmesi için daha büyük arazi alanları gerekmektedir. Özel dron hizmet sağlayıcıları bile kendi maliyetlerini karşılamak için (uzak yerlere seyahat, görüntülerin ve verilerin yorumlanması vb. dahil) izlenecek minimum alan büyüklüğüne ihtiyaç duymaktadır.
- Daha küçük arazilerde, hastalıklı ağaçları veya diğer sorunları tespit etmek için yapılan denetimler, çiftçiler tarafından doğrudan denetim yoluyla da gerçekleştirilebilir.

KUTU 7

ALGORİTMALARIN GELİŞTİRİLMESİ VE EĞİTİLMESİ İHTİYACI - PROVEA ÖRNEĞİ

Yerli bir startup olan Provea, 2016 yılında Manisa ve İzmir'de üzüm ve zeytine odaklanarak ağaç sayımı, hastalık tespiti ve sağlık takibi için algoritmalar geliştirmeye başlamıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı ile işbirliği içinde Provea, sırasıyla 5-7 cm² ve 10-15 cm² çözünürlüğe sahip dronlar ve VTOL'ler tarafından işletilen multispektral kameralardan alınan girdilere dayalı derin öğrenme teknikleri kullanmıştır.[18] İlk olarak, Alaşehir İlçe Tarım Müdürlüğü ile işbirliği içinde Sultaniye üzüm bağlarının sayılmasına ve hastalıklı ağaçların tespit edilmesine odaklanılmıştır. Provea ayrıca, bulguları değerlendirmek ve algoritmayı geliştirmeye yardımcı olmak için ilde 20 ziraat mühendisi sağlayan TAGEM ile birlikte çalışmıştır. Üzümde elde edilen başarılı sonuçlar neticesinde Manisa Bağcılık Enstitüsü ve İzmir Zeytincilik Araştırma Enstitüsü işbirliği ile Manisa bölgesindeki üzüm ve zeytin alanlarında çalışmaya devam edilmiştir. Genel olarak, doğruluk seviyesi yüzde 95-97 arasında olan algoritmaların geliştirilmesi üç ila dört yıl sürmüştür. Bakanlık ve Araştırma Enstitüsü ile işbirliği ve KOSGEB, TÜBİTAK ve TAGEM'in araştırma hibelerinin yardımı etkili olmuştur.

Provea'ya göre, yapay zekâ çerçevesi, algoritmanın kalibrasyonu/eğitiminden sonraki bir yıl içinde diğer mahsuller ve bölgeler için ayarlanabilir. Kalibrasyon ve eğitim olmadan, Ankara ve Kapadokya'daki üzüm bağları için yüzde 85 doğruluk elde edilmiştir.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

18 En yüksek çözünürlüklü uydu verileri 30 cm2 piksel çözünürlüğe sahiptir. Provea, çözünürlüğün yeterli olup olmadığını kontrol etmek için bunu kullanmamış/test etmemiştir.

Genişleme potansiyeli

Küçükten ortaya. Yüksek maliyetler, sınırlı alan kapsamı ve düzenleyici kısıtlamalar göz önüne alındığında, dron analitiği pazarı meyve bahçeleri gibi belirli ortamlar için niş uygulamalarla sınırlı görünmektedir. Diğer birçok kullanım alanı için uydu görüntülerinin kullanımı, özellikle daha yüksek çözünürlükler ve diğer teknolojik gelişmeler daha düşük maliyetlerle kullanılabilir hale geldikçe, daha ucuz bir alternatiftir.

Bireysel büyük çiftlikler ve tarım işletmelerinin ötesinde, benzer ürünleri yetiştiren çiftçilerin belirli coğrafi alanlarda kümelendiği ve maliyetlerin paylaşılabildiği durumlarda, kamu kurumları (Tarım ve Orman Bakanlığı) ve sulama kooperatifleri, tarım kredi kooperatifleri (TKK) ve diğerleri gibi çiftçi örgütleri tarafından dron kullanımı için kapsam olabilir. TKK'nin teknoloji iştiraki TARNET, üye kooperatiflere hizmet sunmak amacıyla 2020'den bu yana hem analitik hem de ilaçlama amaçlı dron kullanımı için kurum içi yeteneklerin geliştirilmesine yatırım yapmıştır. Bu tür hizmet sağlama modelleri, dron teknolojisinin daha geniş bir yelpazedeki küçük ve orta ölçekli çiftçilere yönelik kullanımını artırabilir.

İLAÇLAMA İÇİN DRONLAR

Teknolojinin kısa tanımı

Tarımsal dron teknolojisi, çiftçilerin pestisit tanklarının (10-32 litre) yanı sıra sıvı püskürtücüler ve/veya kuru serpme makineleri ile donatılmış dronlar aracılığıyla pestisit ve gübre uygulamalarına olanak tanır. Çiftçiler, önceden belirlenmiş bir uçuş yoluna göre tüm tarlalarını ilaçlamak için dronları kullanabilirler. Püskürtme uygulamaları, görüntü tabanlı hastalık veya zararlı yaygınlığı verileriyle desteklenen kullanıcı kararlarına dayalı olarak hassas ve değişken oranlarda yapılabilir. Dron ile ilaçlama çeşitli avantajlar sunar:

- Daha küçük sıvı partikül boyutu sayesinde daha iyi toz haline getirme,[19] bu da daha iyi penetrasyon ve daha düşük pestisit ve su tüketimi sağlar. Traktörler dekar başına 20-40 litre suya ihtiyaç duyarken dronlar sadece 1 litreye ihtiyaç duyar.
- Tarlada traktör teker izlerini önleyerek tüm parselin etkin kullanımını artırır.
- Çamurlu alanlarda (örneğin pirinç) daha kolay püskürtme ve mısır, ayçiçeği, buğday ve pamuk gibi tarla ürünlerinde daha iyi penetrasyon sağlar.
- Günde 150 hektara kadar ilaçlama yapabilir, bu da traktörlerin yapabileceğinden üç kat daha fazladır.
- İnsanların pestisitlerle temasını azaltarak işçi sağlığının daha iyi gözetilmesini sağlar.

Yatırım maliyetleri

- Püskürtücü dronların maliyeti cihaz başına 12 000 avro ile 25 000 avro arasındadır.
  Bir dron şarj cihazı ortalama 1400 avro, bir uçuş bataryası ise 1200 avrodur.
- Türkiye'de ilaçlama hizmetleri, pestisit ve su maliyetleri hariç olmak üzere hektar başına yaklaşık 500 TL'ye (28 avro) mal olmaktadır. Minimum hizmet ücreti 1 hektardan küçük parseller için 500 TL'dir.

19 Yani, geleneksel traktör tabanlı püskürtücülerdeki 30 - 60 µ 'ye karşılık 256 µ mikron.

Kullanım alanları ve benimseme seviyeleri

Şu anda, çoğunlukla büyük ölçekli çiftlikler, çiftçi örgütleri ve Tarım ve Orman Bakanlığı il müdürlükleri, hassas dron ilaçlamasının fizibilitesini, zirai ve finansal getirilerini ve iyileştirme yollarını test edebilmektedir. Dron püskürtme için kullanılır:

- Özellikle tarla bitkilerinin yetiştirildiği büyük parsellerde hastalık ve zararlılara karşı bitki koruma. Dron ile ilaçlama meyve bahçeleri için daha az yaygındır.
- Traktör hareketliliğinin zahmetli olduğu çeltik alanlarında veya uzun ve yoğun ekinlerin (örneğin mısır) bulunduğu arazilerde bitki koruma.
- Büyük zararlı istilası durumunda, ilçeler veya iller gibi geniş alanlarda zararlılara karşı bitki koruma (genellikle birden fazla çiftçi veya Tarım ve Orman Bakanlığı il müdürlükleri tarafından koordine edilir).

BOX 8

KİTLESEL İSTİLADA DRON İLE İLAÇLAMA: TEMMUZ 2022'DE ÖNDER ÇİFTÇİ KOOPERATİFİ ÖRNEĞİ

13 Temmuz 2022 tarihinde Tekirdağ'daki ayçiçeği tarlalarında bölgedeki ayçiçeği tarlalarının neredeyse yarısını etkileyen bir *Loxostege sticticalis* salgını yaşanmıştır. Eğer müdahale edilmezse, yüzde 30'luk bir ürün kaybı bekleniyordu. Önder Çiftçi Kooperatifi, acil bir durumda ayçiçeği yetiştiricileri için dron ile ilaçlamayı etkin bir şekilde kullanmıştır.

Önder Çiftçi Kooperatifi, istiladan önce teknolojiden haberdardı ancak herhangi bir dron hizmet sağlayıcısıyla sözleşmesi yoktu. Salgının ardından Kooperatif, toplam on dron ile üç hizmet sağlayıcı ile sözleşme imzalamıştır. Üye parsellerin yaklaşık yüzde 65'i 18 Temmuz itibariyle (salgını takip eden beş gün içinde) ilaçlanmıştır. Bölgede diğer tarım işletmeleri ve Tarım ve Orman Bakanlığı aynı anda yaklaşık 250 insansız hava aracı kullanmıştır. Ülkedeki neredeyse tüm dron hizmet sağlayıcıları bölgede faaliyet gösteriyordu.

Salgının ölçeği ve aciliyeti göz önüne alındığında, dron ile ilaçlama bölgedeki en hızlı bitki koruma önlemi olarak kabul edilmiştir. TOB ve Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü salgına karşı dron kullanımı için hızlı izinler yayınladı. Dronlar arı nüfusunu korumak için çoğunlukla geceleri kullanıldı. Arıcılar, arı kovanlarını ilaçlama yapılan alanlardan uzaklaştırmaları için önceden bilgilendirilmiştir. Rüzgar (saatte >30 km), dron uçuşları ve ilaçlama operasyonlarının verimliliği için büyük bir zorluktu. Kooperatifin tarımsal girdi iştiraki şirketinin envanterinde gerekli stoklar bulunduğundan, Tarım ve Orman Bakanlığı onaylı pestisit kısıtı yaşanmamıştır. Dronlar sayesinde çiftçiler, genellikle traktör yolu bulunmayan ayçiçeği tarlalarında mahsulün üçte birinin zarar görmesine neden olacak traktör kullanımından kaçınmış oldu.

Dron hizmet sağlayıcıları, yedek parça sağlayıcıları ve pestisit acenteleri talepleri koordine etmiştir. Dron ile ilaçlama hizmeti için piyasa fiyatı hektar başına 20-30 avrodur (bazı hizmet sağlayıcılar hektar başına 50-70 avro ücret almaktadır). Pestisit etkili bulunmuş ve yetişkin zararlı popülasyonunun yüzde 70'ini anında yok ederek 21 günlük koruma sağlamıştır.

Kooperatif ortakları, dron ile ilaçlamanın faydalarını gerçek hayatta acil bir durumda gördüler. Sonuç olarak kooperatif, olaydan sonra üyelerine kalıcı olarak dron ile ilaçlama hizmeti sağlamayı amaçlamaktadır. Benzer salgınların buğday ve diğer tahıllarda da görülmesi muhtemel olduğundan, insansız hava araçları ve ilgili hizmetlerin maliyetlerinin karşılanması için acil finansman ihtiyacı bulunmaktadır.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

Genel geri bildirim

Dron ile ilaçlama hizmetlerinin test edilmesine yönelik artan ilgi, çeşitli tarım işletmeleri ve görüşülen çok sayıda çiftçi tarafından dile getirilmiştir. Bu durum, sayıları giderek artan tarımsal dronlar ve hizmet sağlayıcıları tarafından da teyit edilmektedir. Önder Çiftçi Kooperatifi'nin yukarıdaki örneği, özellikle hızlı ve koordineli müdahale gerektiren büyük ölçekli salgınlar durumunda potansiyel faydaları göstermektedir. Anadolu Etap, meyve bahçelerinde dron ile ilaçlamayı test etti ancak ilaçlama yukarıdan yapıldığı için kırmızı örümcekler gibi yaprakların altındaki zararlı ve hastalıkların tedavisi açısından etkisiz olduğunu belirtmiştir. Çukurova'daki birkaç meyve bahçesi yetiştiricisi hassas ilaçlama uygulamalarına ilgi duyduklarını ifade etmiş, ancak bu tür hizmetlerin henüz hazır olmadığını belirtmişlerdir.

Teknoloji zorlukları

- Dronlar ortalama olarak mahsullerin 150 cm üzerinden püskürtme yaparken, geleneksel uygulama cihazları sadece 50 cm mesafeden püskürtme yapmakta ve meyve bahçelerinde yanal püskürtmeye izin vermektedir. Bu nedenle, dronların sprey sürüklenme potansiyeli daha yüksektir. Püskürtme basıncı, su oranı, uygulama hızı, sürüklenmeyi önleyici katkı maddeleri ve uygulama nozulları dron ile püskürtmenin etkinliği açısından kilit öneme sahiptir.
- Dron ile püskürtmenin uygulanabilirliği ve etkinliği büyük ölçüde hava koşullarına bağlıdır. Geleneksel ilaçlamaya benzer şekilde, rüzgar dron kullanımını engeller.
- Sınırlı uçuş süreleri de ayrı bir zorluk teşkil etmektedir. Dron operatörleri, aynı gün içinde geniş alanları kapsayacak şekilde yedek bataryalar ve yerinde şarj imkanlarıyla donatılmalıdır.
- Düzgün yapılmadığı takdirde, dron ile ilaçlama fitotoksisite, sürüklenme nedeniyle pestisitin ilaçlanmamış alanlara yayılması ve hastalık direnci gibi ters sonuçlar doğurabilir.
- Tarımsal dronların kullanımı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün (SHGM) iznine tabidir. Mevcut düzenlemeler dronların, pilotların ve dron hizmeti alanların kayıt altına alınmasını gerektirmektedir. Yönetmelikler hem pilotlar hem de dronlar için sigorta gerektirmektedir. Uçuşların önceden onaylanması gerekiyor ki bu da 14 güne kadar sürebilen bir süreç ve dron uçuşlarının hava koşullarına ve tarımsal gereksinimlere göre planlanması için gereken esnekliği baltalamaktadır.
- Yasal zorunluluklara riayet sınırlı kalsa da, yasal yükümlülükler dron kullanımı için maliyetleri ve prosedürleri artırmaktadır.

Çıkarılan Dersler

- Dron ile ilaçlamaya yönelik genel ilgiye rağmen, geleneksel ilaçlamaya kıyasla karşılaştırmalı avantajlar ürüne ve konuma özgüdür.
- Dron ile ilaçlama, traktörlerin tarlalara kolayca giremediği veya zarar verdiği çeltik, ayçiçeği ve mısır gibi ürünler için açık bir avantajdır.
- Dron ile ilaçlamanın bir diğer açık avantajı, geniş bir alanda hızlı ve koordineli bir müdahale gerektiren kitlesel istilalarda görülmektedir. Bu vakalarda, yeterli pestisit stokunun bulunması ve dron püskürtücülerle önceden var olan sözleşmeler/temaslar, dron ile ilaçlama için hızlı hareket edilmesini kolaylaştırmıştır.
- Hizmet sağlayıcıların sayısının ve yoğunluğunun artması, dron ile ilaçlamayı daha erişilebilir ve uygun fiyatlı hale getirecektir.
- Geleneksel ilaçlamaya kıyasla çevresel faydalar açık değildir ve uygulamanın zamanlamasının yanı sıra hizmet sağlayıcının becerilerine de bağlıdır. Hassas püskürtme alanındaki gelişmeler sınırlıdır.
- Dron kullanımına yönelik mevcut düzenleyici çerçeve ve onay prosedürleri tarım sektörü için uygun değildir. Görüşmeler, mevcut dron operasyonlarının önemli bir kısmının tüm yasal gerekliliklere uymadığını göstermektedir.

Genişleme potansiyeli

Düşük ila orta. Hizmet sağlayıcıların sayısı arttıkça ve piyasadaki rekabet dron ilaçlama hizmetlerinin fiyatını düşürdükçe, çiftçilerin uygun fiyatlı dron ilaçlamaya erişimi sağlanabilir. Hizmet, cihazın ve dron pilotunun kiralanması esasına dayandığından, büyük ölçekli bir tarım işletmesi tarafından kontrol edilenler, kooperatifler, sözleşmeli çiftçiler veya Tarım ve Orman Bakanlığı il müdürlüklerinin veya bir belediyenin denetimi altında olanlar gibi daha büyük arazi parselleri için hizmet alınabilir. Bununla birlikte, geleneksel ilaçlamaya göre sağlanan avantajlar tüm ürünler için net değildir ve daha yüksek ilaçlama irtifası ilaçlama sürüklenmesi riskini artırmaktadır. Dahası, Türk çiftçilerin çoğunluğu halihazırda traktör ve püskürtücülere sahip olduğundan dron ile ilaçlamanın benimsenme hızı azalmaktadır. Hassas ilaçlama uygulamalarındaki ilerleme, dron ile ilaçlamanın daha hızlı benimsenmesini sağlayabilir. Düzenleyici çerçevenin gelecekteki gelişimi de genişlemenin hızını belirleyecektir.

HASSAS TARIM TEKNOLOJİLERİ

Teknolojinin kısa tanımı

Hassas tarım, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini artırmak için zamansal ve mekansal değişkenliği dikkate alan bir yönetim stratejisidir (International Society of Precision Agriculture, IPSA, 2024). Hassas tarım, tek tip girdi uygulama programlarından ve oranlarından, bir tarlanın farklı bölümlerindeki bitkilerin farklı zaman noktalarındaki özel ihtiyaçlarına yanıt olarak tarımsal girdilerin özel olarak uygulanmasına doğru ilerlemeye olanak tanır. Böylece hassas tarım, girdi kullanımını ve ilgili olumsuz çevresel dışsallıkların yanı sıra çiftçiler için finansal maliyetleri de azaltabilir. Hassas tarım teknolojileri üç kategoride toplanabilir:

1 **Yönlendirme sistemleri** traktörler ve kendinden tahrikli tarım makineleri için sürücü yardım ve otomatik dümenleme sistemleri ve kontrollü trafik tarımı gibi.

2 Uzaktan algılama ve tarım makinelerine monte edilen sensörler de dahil olmak üzere **kayıt teknolojileri**, vejetasyon seviyeleri, bitkilerin besin seviyeleri, verim vb. haritalar üretebilmektedir.

3 Değişken oranlı uygulamalarla bir tarlanın farklı bölümlerindeki girdilerin optimum miktarını ve zamanlamasını belirlemek için kayıt sistemleri tarafından üretilen verileri kullanan **reaksiyon teknolojileri** .

Uzaktan algılama ve saha sensörleri gibi bazı kayıt teknolojileri ve ilgili analizler, bağımsız teknolojiler olarak ayrı ayrı ele alınmıştır. Bu bölüm, bu tür teknolojilerin yönlendirme sistemleri ve traktörlere, biçerdöverlere ve ekim makineleri, gübre serpme makineleri, pestisit püskürtücüler ve diğerleri gibi ekipmanlara bağlı değişken oranlı uygulamalarla kombinasyonuna odaklanmaktadır. Sürücü destek sistemleri iki şekilde olabilir:

1 **Manuel destekli direksiyon sistemleri (MASS)** 10-20 cm hassasiyetin yeterli olduğu ilaçlama ve diskli gübre uygulamaları gibi milimetrik hassasiyet gerektirmeyen tarımsal uygulamalar için bir giriş çözümüdür. MASS mevcut herhangi bir traktöre monte edilebilir. [20] MASS, orta ölçekli çiftliklerde (10-50 ha) buğday, arpa, çavdar, ayçiçeği, mısır, soya fasulyesi, pamuk, şeker pancarı, yonca ve küçük tohumlar gibi tarla bitkileri üreten küçük ve orta ölçekli çiftçiler tarafından kullanılabilir. Maliyetler 600 ABD doları (temel çözümler) ile 2 500 ABD doları (ISOBUS yazılımı ile) arasında değişmektedir. İkincisi, farklı üreticilerin diğer hassas tarım ekipmanlarıyla (örn. kesit kontrolü, iz sürme ve değişken oranlı Uygulama) uyumluluğunu artırır.

2 **Otomatik dümenleme sistemleri (ASS)** traktörün hidroliği ile entegre edilmiştir ve bu nedenle daha hassastır. Maliyetleri de çok daha yüksek olup 7 000 ila 18 000 ABD doları arasında değişmektedir. Fiyat etiketi göz önüne alındığında, ASS'nin karlı hale gelmesi için tipik olarak 100 hektarın üzerinde daha büyük arazi alanları gerekir ve bu nedenle bireysel küçük ve orta ölçekli çiftçiler için uygun değildir. Uluslararası kanıtlar yüzde 5-10 arasında yakıt tasarrufu, yüzde 2-4 arasında tohum tasarrufu, yüzde 5-10 arasında işgücü tasarrufu ve yüzde 10 oranında brüt marj artışı önermektedir. Buna ek olarak, saha operasyonları gece boyunca mümkündür (ASS hakkında daha fazla bilgi için bkz. Moitzi *vd.*, 2009 ve Soto *vd.* 2019).

20 Sistem, traktör kabinindeki bir terminal ekranı ile birlikte çalışan bir GPS alıcısı ve vericisinden oluşur. Operatör ekrandaki LED ışıkları veya iki boyutlu çizgileri takip eder ve traktör direksiyonunu bu ışıklar yönünde yönlendirir.

BOX 9

ISOBUS - TRAKTÖRLERİ VE ALETLERİ BAĞLAMAK İÇİN AÇIK BİR STANDART

ISOBUS, tarım ve ormancılıkta traktörlerin ve aletlerin elektronik sistemlerinin birbirine bağlanması için açık bir standarttır. Sensörler, aktüatörler ve kontrolörler arasında iletişime olanak tanıyan bu standart, farklı markalardaki traktörler, aletler ve yerleşik kontrolörler arasında veri alışverişini mümkün kılar. Standardizasyon, Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) 11783 tarafından düzenlenmektedir.

ISOBUS'un getirdiği en büyük avantaj, marka ve modelden bağımsız olarak traktörler ve tarım veya ormancılık aletleri arasında tam uyumluluğun garanti edilmesidir. Protokol öncesinde her üretici kendi dilini kullanmaktaydı. Standart kullanılmadığında, makinelerin her sensör için bir kablolama yapısına ve her makine için bir ekrana ihtiyacı vardır. Tarım Endüstrisi Elektronik Vakfı (AEF) ISOBUS'u tanıtmak ve ISO 11783 standardı için geliştirilmiş sertifikasyon testlerini koordine etmek için çalışmaktadır. 2008 yılında kurulan AEF, tarım sektöründeki alet üreticileri ve traktör üreticileri arasında uluslararası bir ortaklıktır.

Protokol öncesinde her üretici kendi dilini kullanmaktaydı. Tek bir traktörde farklı markalara ait dört çözümün kullanılması halinde, dört farklı ayarlama yapılması gerekecek, bu da süreci daha karmaşık ve pahalı hale getirerek sektör için büyük bir sorun oluşturacaktı.

Ne yazık ki Türkiye'de sadece sınırlı sayıda büyük traktör ISOBUS uyumludur.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

Sürücü destek sistemleri aynı zamanda kontrollü trafik tarımı (CTF), kısım kontrolü (SC) ve değişken hız uygulamaları (VRA) için giriş teknolojileridir.

Kontrollü trafik tarımı (CTF), toprak sıkışmasını azaltmak için tüm makine yüklerini kalıcı trafik şeritlerinin mümkün olan en az alanıyla sınırlayan bir sistemdir. Bu teknoloji, çiftçilerin ekinlerin daha sonraki büyüme aşamalarında tarlalara zarar vermeden girebilmelerini sağlar (örneğin, ek gübre uygulaması veya zararlı ve hastalık durumunda ilaçlama için). Avustralya'dan elde edilen verilere göre, iz sürme sistemleri toprak türüne ve iz eşleştirme derecesine bağlı olarak yüzde 5-15 arasında verim artışı sağlayabilir. Kalıcı şeritlere ekim yapılmadığı için tohum maliyetleri yüzde 3-10, yakıt maliyetleri ise yüzde 25'e kadar azaltılabilir. Yakıt ve gübre tasarrufu, iyileştirilmiş tahıl üretiminin her bir tonu için 2 000 ton sera gazının azaltılması anlamına gelebilir (Webb *vd.,* 2004). CTF sistemlerini mevcut ekim makinelerine uyarlamanın maliyeti, makine tipine ve genişliğine bağlı olarak 500-1 500 ABD doları arasında değişmektedir.

Kısım **kontrolü (SC)**, ekim makinelerinin, püskürtücülerin ve gübre dağıtıcılarının kısımlarını kapatarak çiftçilerin tarla sınırları dışında gereksiz girdi uygulamalarından kaçınmasına yardımcı olur. Deneysel kanıtlar, tüm senaryolar altında yüzde 11 ve üzerinde girdi tasarrufu ve pozitif net getiri rapor etmektedir (Shockley *vd.,* 2012). Modern püskürtücülere, mibzerlere ve gübrelere (beş yaşından küçük) sonradan takılabilen otomatik kısım kontrol sistemi için birkaç bileşen gereklidir.[21] SC'nin maliyeti traktöre bağlı ekipmanın boyutuna bağlıdır. Ana kullanım alanı genişlikleri nedeniyle püskürtücülerdir: püskürtücülerin genişliğine bağlı olarak maliyet aralığı 1500-3 000 ABD doları olabilir. Tohum serpme makinelerine ve gübre dağıtıcılarına SC monte etme maliyetleri de benzer bir aralıktadır.

Değişken oranlı teknolojiler (VRT'ler) tohum, gübre ve pestisit gibi girdilerin tarlanın farklı bölgelerinde, toprak verimliliği veya hastalık istilası seviyelerinin tarla içi heterojenliğine uygun olarak farklı miktarlarda uygulanmasına olanak tanır. Bu nedenle, gübre uygulama oranını buna göre ayarlayan donanım çözümlerine ek olarak tarla koşulları (örneğin tarlanın farklı bölgelerindeki besin durumu) hakkında veri gerektirdiklerinden daha karmaşıktırlar. Aynı zamanda, girdi kullanımında ve ilgili iklim yan faydalarında (özellikle N-gübreleme durumunda) ve diğer çevresel faydalarda önemli azalmalar sağlayabilirler.

21 (i) Kontrolör ve kullanıcı arayüzü, kapsama haritaları oluşturmak, bom bölümlerini harekete geçirmek ve uygulama hızını kontrol etmek için yazılım içerir; (ii) kontrol bölümünün harekete geçirilmesi için tipik olarak bir elektronik kontrol ünitesi (ECU) gereklidir; (iii) kontrolöre coğrafi konumlandırma verileri sağlamak için AGPS alıcısı; (iv) püskürtme hızı kontrolörüne geri bildirim sağlamak için bir akış ölçer; (v) püskürtme hızı kontrolöründen gelen çıktıya dayalı olarak boma giden akışı azaltmak için bir akış kontrol valfi (orantılı veya motorlu); (vi) bom bölümü valfleri.

VRT'lerin hem tarla düzeyinde bilgi oluşturma hem de gübre uygulama düzeylerini ayarlama konusunda çeşitli gelişmişlik düzeyleri vardır. Tarla bilgileri haritalar aracılığıyla veya traktöre monte edilmiş tarla tarayıcıları aracılığıyla "hareket halindeyken" oluşturulabilir. Değişken oranlı uygulamalar (VRA) için haritalar, toprak örneklemesinden (hektar başına iki ila üç örnek), uzaktan algılama verilerinden (örneğin, büyüme döneminde vejetasyon durumunu gösteren NDVI haritaları) ve verim haritalarından elde edilen bilgileri birleştirir. İkincisi, uzaktan algılama yoluyla (örneğin son beş yılın ortalaması) veya biçerdöverlere monte edilen sensörler aracılığıyla gerçek zamanlı olarak oluşturulabilir). N-gübre uygulaması için, mahsullerin azot durumu traktöre monte edilen azot sensörleri aracılığıyla gerçek zamanlı olarak ölçülebilir. Ancak, bu tür sensörlerin maliyeti (10 000-20 000 ABD doları) toprak numunesi alma (numune başına 15 ABD doları, her üç ila dört yılda bir tekrarlanmalıdır) ve uzaktan algılama görüntülerinden (hektar başına 2-3 ABD doları) çok daha yüksektir.

Ana sağlayıcılar

Manuel ve otomatik direksiyon sistemleri konusunda hem yerel hem de uluslararası çok sayıda tedarikçi bulunmaktadır. Bunlar arasında Topcon (Japonya), Trimble (Amerika Birleşik Devletleri), TürkTraktör (Türkiye), Elya-Tekno-FJ Dynamics (Singapur), Ateşpar-Fieldbee (Hollanda) bulunmaktadır. Bu tedarikçilerin birçoğu, mevcut traktörlere direksiyon sistemlerini uyarlama imkanı da sunmaktadır. Buna ek olarak, pazara giren çok sayıda Çinli tedarikçi ve yerli startup vardır. Trimble ve Topcom gibi uluslararası tedarikçiler yerel distribütörler aracılığıyla bu tür çözümler sunmaktadır ve Çin'den pazara yeni girenler de vardır.

VRT'lerin arzı daha sınırlıdır. Ana tedarikçiler Trimble ve Topcom olmakla birlikte, daha düşük maliyetli yerli çözümler (hem yönlendirme sistemleri hem de değişken oranlı uygulamalar) üzerinde çalışan bazı yeni yerli girişimciler (örn. Teknokurgu, NARAS Makina) ve startup'lar (örn. Farmlabs) bulunmaktadır. İkincisi, VRT'lerin geleneksel serpme makinelerine (hem fabrika düzeyinde hem de halihazırda kullanımda olan ekipmanlara) uyarlanmasına yönelik çözümleri birlikte geliştirmek için yerli gübre serpme makinesi üreticileriyle (örneğin Önallar) işbirliği yapmaktadır.

Kullanım durumları ve benimseme seviyeleri

Sektör kaynaklarına göre, hem manuel hem de otomatik sürücü destek sistemlerinin Türkiye'de etkili olduğu kanıtlanmış ve birkaç bin adet satılmıştır. ISOBUS standardını takip eden ithal ASS, çoğunlukla 110 beygir gücünün üzerindeki büyük traktörlere monte edilir. En büyük yerli traktör üreticisi TürkTraktör, kısa süre önce 100 beygir gücündeki orta ölçekli çiftçiler için yerel olarak üretilen kısmi otomatik yönlendirme çözümünü tanıtmıştır. Yerel bir distribütöre göre ASS özellikli traktörlerin önemli bir kısmı sözleşmeli çiftçiler tarafından satın alınmaktadır.

CTF ve SC Türkiye'de daha az yaygındır. Bu durum, ana tedarikçiler ve bağımsız uzmanlarla yapılan görüşmelerde de belirtildiği üzere, alımın şimdiye kadar çok sınırlı kaldığı VRT'ler için daha da geçerlidir. Saha çalışması sırasında sadece iki çiftçinin VRT kullandığı tespit edilmiştir (Feyz Süt ve Adana bölgesinde büyük bir pamuk ve tahıl üreticisi). Buna ek olarak, iki büyük çiftçi (her ikisi de elektrik mühendisliği geçmişine sahip) tarlalarında VRT'leri deniyor. Yerel pazar için düşük maliyetli VRT sistemleri üretmeyi planlıyorlar.

Daha önce yapılan bazı araştırmalar, 310 ila 500 biçerdöverin (ülke genelinde yaklaşık yüzde 2-3) verim ve tahıl kalitesini haritalamak için sensörlerle donatıldığını ortaya koymuştur.[22]

Genel geri bildirim

Girdi uygulaması sırasında atlama veya çakışmayı en aza indirerek girdi kullanımını azaltan sürücü destek sistemlerine büyük ilgi vardır. Kullanımı basittir ve çiftçinin/operatörün sisteme aşina olması için sadece bir günlük eğitim gerektirir.

VRT'ler teknik olarak karmaşıktır ve ithal ISOBUS uyumlu çözümler yüksek yatırım maliyetlerine sahiptir. Tarla içi heterojenliğe ve teknolojinin doğruluğuna büyük ölçüde bağlı oldukları için faydaları belirsizdir. Yeni bir teknoloji olduğundan, ilk hamleleri yapanlar belirsiz getirilerle birlikte yüksek risklerle karşı karşıyadır. Yerli ekipman üreticileriyle işbirliği içinde gübre serpme makinelerine veya pestisit püskürtücülere sonradan takılabilen daha düşük maliyetli çözümler üzerinde çalışan birkaç yerel tarım teknolojisi şirketi bulunmaktadır.[23] Ancak bu çözümlerin ticarileştirilmesi, startup'ların yaygınlaştırma, eğitim ve takibi desteklemek için yeterli kapasiteye sahip olmaması ve saha koşullarında uygulanabilirlik ve güvenilirlik konusunda şüphelerin devam etmesi nedeniyle zor olmuştur. Güçlü dağıtım ağlarına ve teknik kapasiteye sahip yerleşik ekipman tedarikçileriyle işbirliği bu tabloyu değiştirebilir.

Teknoloji zorlukları

- Otomatik dümenleme sistemleri pahalıdır ve mevcut koşullar altında yalnızca büyük çiftlikler için uygulanabilirdir.
- Mevcut traktörlere otomatik dümenleme sistemlerini uyarlamak için daha düşük maliyetli çözümler sunan bir dizi yeni pazar girdisi olsa da, güvenilirlik ve satış sonrası hizmetler konusunda endişeler vardır.
- VRT'ler çiftçiler ve danışmanlar için özel beceri ve bilgi gerektirir.
- Güvenilir verim haritaları oluşturulmalı ve ekipmanlar kurulup kalibre edilmelidir. Gübre uygulaması için, NDVI verileri tek başına verim farklılıklarının nedenlerini anlamak için yetersiz olduğundan, ek toprak testlerine ihtiyaç vardır.
- Maliyetler nispeten yüksek ve faydalar belirsizdir. Bunlar büyük ölçüde saha içi heterojenliğin derecesine ve bunların haritalama teknolojileri tarafından ne ölçüde yeterli bir şekilde teşhis edildiğine bağlıdır.[24]

22 Türkiye Makine İmalatçıları Birliği'nden (TARMAKBİR) alınan bilgilere dayanmaktadır.
23 Sistem bir elektronik kontrol ünitesi (ECU)/hız kontrolörü, lineer aktüatörler, GPS ve küresel mobil iletişim sistemi (GSM), güç ünitesi, kablolama, VRA için mobil uygulama yazılımından oluşmaktadır.
24 Örneğin, verimdeki farklılıklar toprağın verimliliğindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği gibi suya erişim veya diğer faktörlerle de bağlantılı olabilir.

Çıkarılan dersler

Türkiye, hassas tarım teknolojilerinin benimsenmesi konusunda uluslararası deneyimleri yansıtmaktadır. Destekli dümenleme sistemleri, nispeten basit olmaları ve sağladıkları somut faydalar nedeniyle çiftçiler tarafından genellikle ilk benimsenen teknolojiler arasındadır. Bu sistemler, yakıt tüketimi ve diğer girdilerin azaltılmasının yanı sıra artan işgücü verimliliği (daha az sürücü yorgunluğu, daha yüksek sürüş hızı, tarla operasyonlarında daha yüksek doğruluk ve gece boyunca çalışma yeteneği vb.) sayesinde tarla operasyonlarının verimliliğini artırır. Aynı şeritleri kullanarak (kontrollü trafik tarımı) daha az toprak sıkışması nedeniyle arazi verimliliği de artar. Çakışmalar ve boşluklar ortadan kaldırılarak tarlalar optimum şekilde kullanılır ve toprak sıkışması kalıcı şeritlerle sınırlandırılarak arazi verimliliği artırılır. Kontrollü trafik tarımı durumunda, traktörler hastalıkların ve yabancı otların etkili bir şekilde kontrol edilmesi için büyüme mevsiminin ilerleyen aşamalarında da tarlalara girebilir. Kayıt teknolojileri, uydulardan ve insansız hava araçlarından uzaktan algılamanın yanı sıra traktörlere ve biçerdöverlere (hareket halindeyken) monte edilen sensörler aracılığıyla giderek daha fazla kullanılabilir hale gelmektedir.

VRA'lar gibi tepkisel teknolojiler teknolojiler, uygun kayıt teknolojileri ve çiftçiler için karlı olması için yeterli tarla içi heterojenlik gerektiren en karmaşık teknolojiler olduğundan daha yavaş benimsenmektedir. Ayrıca, VRA'ların farklı tarım koşullarında girdi tasarrufu ve verim üzerindeki etkisi ve özel finansal açıdan karlılık hakkında uluslararası düzeyde bile çok az sayıda titiz çalışma bulunmaktadır. Karlılık ve çevresel etki büyük ölçüde sahaya özgü koşullara ve teknoloji benimsenmeden önceki girdi kullanım düzeyine bağlı olabilir.

Genişleme potansiyeli

Düşük ila orta. Sürücü destek sistemlerinin daha da yaygınlaşması muhtemeldir. Ancak yüksek maliyetleri nedeniyle orta ve büyük ölçekli çiftliklerle sınırlı kalmaktadır. Yerli ve Çinli üreticilerin daha düşük maliyetli çözümleri pazara girmiştir ancak güvenilirlik ve satış sonrası hizmetlerle ilgili sorunlar katılımcılar tarafından dile getirilmiştir. Manuel destekli sistemler daha düşük finansal erişim engellerine sahiptir ancak daha az talep görmektedir. Benzer şekilde, bölüm kontrolü ve kontrollü trafik tarımı da maliyet tasarrufu ve çevresel faydalar sağlama potansiyeline sahiptir. Ancak, özellikle mevcut ekonomik koşullar altında, çiftçilerin bu tür teknolojilere yatırım yapma istek ve kabiliyetleri sınırlıdır.

VRA'lar, aşırı gübre ve pestisit kullanımıyla ilgili ekonomik ve çevresel zorlukların ele alınmasına yardımcı olma vaadine rağmen, kısa vadede sınırlı pazar potansiyeline sahip görünmektedir. Türkiye'nin çiftlik büyüklüğü yapısı, teknolojinin yeniliği, teknik karmaşıklığı, yatırım gereklilikleri ve karlılığına ilişkin belirsizlikler güçlü kısıtlamalar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, benimsenme büyük ölçüde yeni başlayanların ve yerleşik ekipman üreticilerinin mevcut gübre serpme makinelerine veya püskürtücülere uyarlanabilecek düşük maliyetli çözümleri birlikte geliştirme becerilerinin yanı sıra teknik uygulanabilirliklerini ve ekonomik faydalarını test etme ve sergileme becerilerine bağlı olacaktır.

Manuel direksiyon sistemleri ile bağlantılı daha basit ve daha düşük maliyetli VRA sistemleri oluşturmak için bazı teknoloji geliştirme çabaları da vardır. Traktör sürücüsü, reçete haritaları veya sensör verileri doğrultusunda

gübreleme veya püskürtme seviyelerini değiştirmek için direksiyon sisteminden gelen yönlendirmeye göre traktör hızını değiştirecektir.

Yerel franchise ortakları ve hizmet sağlayıcılar gibi yeni iş modellerine de ihtiyaç duyulacaktır. Bazı startup'lar, dağıtım ağlarından yararlanılabilecek ana traktör ve ekipman üreticileriyle bağlantı kurmaya başlamıştır. Alternatif olarak, VRA teknolojileri iyi işleyen üretici örgütleri, sözleşmeli çiftçilerle çalışan şirketler (örneğin şeker pancarı) veya makine hizmet sağlayıcıları tarafından kullanılabilir. Örneğin, bazı biçerdöver operatörleri, özellikle biçerdöverlerdeki sensörler verim haritaları oluşturabiliyorsa, bunu ek bir hizmet olarak sunabilir.

Sera gazı emisyonları ve azalan N kirliliği açısından potansiyel çevresel yan faydalar göz önüne alındığında, bazı kamu desteklerine ihtiyaç duyulabilir. Bunun için farkındalık yaratılması, eğitim ve yatırım desteği gerekecektir. Ayrıca, farklı saha koşulları altında çevresel ve ekonomik etkilerin titizlikle değerlendirilmesi, VRT'ler için daha güçlü bir durum oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

HASSAS HAYVANCILIK TEKNOLOJİLERİ

Teknolojinin kısa tanımı

Hassas hayvancılık teknolojileri (PLF), üretim/üreme, sağlık ve refah ve çevresel etki ile ilgili parametrelerin sürekli otomatik gerçek zamanlı izlenmesi yoluyla gelişmiş hayvancılık yönetimine katkıda bulunur. Bu, her bir hayvandan veri toplamak için bilgi ve iletişim teknolojisi (BİT) ile bağlantılı sensörler, kameralar, mikrofonlar kullanılarak gerçekleştirilir. PLF uygulaması, diğer türlere (tavuk ve piliçler, domuzlar, koyunlar vb.) kıyasla hayvan başına daha yüksek bir değere sahip olan süt çiftliklerinde daha ileri düzeydedir. PLF sistemleri, mastitis, topallık, östrus, vb. tespiti gibi daha fazla işlevsellik eklemek için esas olarak otomatik sağım odaları ve robotlarla bağlantılı olarak tanıtılmıştır.

Süt üretimine yönelik PLF, hayvanlar üzerindeki sensörler (etiketler, tasmalar, pedometreler vb.) aracılığıyla aktivite seviyeleri, hareketler ve geviş getirme gibi temel parametreleri sürekli olarak ölçer.[25] Bu parametreler doğurganlık, hayvan sağlığı ve refahı ile ilgili belirli göstergelerle ilişkilidir. Dolayısıyla PLF, çiftçilerin her bir ineğin sağlık, refah ve doğurganlığına ilişkin durum ve eğilimleri gerçek zamanlı olarak izlemelerini sağlar ve çiftçilerin yanı sıra veteriner hekimlere ve diğer çiftlik danışmanlarına objektif olarak ölçülmüş veriler sağlar. Entegre yazılım, çiftçilerin belirli hayvan grupları (örneğin kuru veya taze inekler) veya tüm sürü için temel performans göstergelerini ve trendleri bir araya getirmesini, analiz etmesini ve karşılaştırmasını sağlar.

PLF yazılımı, hayvan davranışı ve rutin yeme zamanları, geviş getirme düzeni veya tohumlama zamanlaması gibi yönetim uygulamaları açısından çiftliğin normal operasyonlarını "öğrendiğinde", tek tek hayvanlar veya gruplar düzeyinde sapmaları tespit edebilir ve erken uyarılar ve diğer eyleme geçirilebilir bilgiler oluşturabilir. Bu, çiftçilerin sorunları erken tespit etmelerini (örneğin hastalıklar ortaya çıkmadan veya süt kalitesi bozulmadan önce) ve zamanında müdahale etmelerini sağlar. Ayrıca, çiftçilerin ilgiye ihtiyacı olan hayvanları belirlemelerine ve diğer hayvanları gereksiz yere rahatsız etmeden bu işi buna göre programlamalarına yardımcı olur.

25 İntrabolus sensörleri, kameralar ve mikrofonlar, tartılar ve fenotip tarayıcılar gibi bir dizi başka PLF ölçüm cihazı vardır. Ancak bu cihazlar çoğunlukla araştırma istasyonlarında kullanılmakta ve nadiren ticari kanallardan temin edilebilmektedir. Mevcut aşamada ağırlıklı olarak akıllı kulak küpeleri, boyun ve bacak tasmaları gibi elektronik değişkenler kullanılmaktadır (Tekin *vd.*, 2021).

PFL verilerine dayanarak, çiftçiler ve danışmanları (örneğin veterinerler ve beslenme uzmanları) bireysel inekler, hayvan grupları veya çiftlik düzeyinde yönetim uygulamaları hakkında bilinçli kararlar verebilirler. Sürekli olarak kaydedilen PLF verileri, yemlemedeki farklılıklar, ilaç uygulaması veya çiftlik ekipmanlarına yapılan yatırımlar gibi yönetimsel değişikliklerin etkinliğinin izlenmesine de olanak tanır. Bu, çiftçilerin ve danışmanların, bireysel çiftliklerdeki belirli koşullar altında yönetim uygulamalarını kademeli olarak optimize etmelerine yardımcı olur. Veteriner hekimler hayvan sağlığı ve refahını uzaktan izleyebilir ve çiftlik ziyaretleri arasında zamanında tavsiyelerde bulunabilir.

Küresel PLF pazarının 2020 yılında 3,1 milyar ABD doları olduğu tahmin edilmektedir ve 2025 yılına kadar 4,8 milyar ABD dolarına yükselmesi beklenmektedir (Markets and Markets 2024). Avrupa şu ana kadarki en büyük PLF pazarı olsa da, Kuzey Amerika ve Asya Pasifik arayı kapatmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, Çin, Avustralya, Japonya ve Yeni Zelanda gibi ülkeler hayvancılık sektörlerinin dijitalleşmesine yatırım yapmaktadır.

PLF esas olarak bir izleme, erken uyarı ve yönetim destek aracıdır. Ayrıca yem karıştırma, yemleme, temizleme ve gübre yönetiminde robotik gibi çeşitli otomasyon teknolojileri bulunmaktadır.

Yatırım maliyetleri

PLF sistemleri bir anten, yazılım, bir kişisel bilgisayar (PC) veya mobil cihaz ve sensörler (boyun veya bacak tasmaları veya kulak küpeleri şeklinde) içerir. Sabit maliyetler (anten, yazılım ve bilgisayar) 3 000-5 000 ABD doları arasında değişmektedir. Sensörlerin fiyatları, işlevlerin boyutuna bağlı olarak 90-150 ABD doları arasında değişmektedir.[26] Bağımsız PLF sistemlerinin yanı sıra otomatik sağım odalarına veya süt sağım robotlarına bağlı sistemler de mevcuttur. İkincisinin yatırım maliyeti 100 000-200 000 ABD doları arasındadır.

Ana sağlayıcılar

Birçok uluslararası ve yerel PLF sağlayıcısı inek izleme sistemleri sunmaktadır. Bunlar arasında en az iki yerel startup (Benim Sürüm ve Anka Sağım), kendi ekiplerine sahip bir küresel sağlayıcı (Merck/Allflex) ve bayiler aracılığıyla faaliyet gösteren diğer birkaç küresel sağlayıcı bulunmaktadır. Çoğu PLF teknolojisi, büyük uluslararası süt sağım odası üreticileri de dahil olmak üzere orta ve büyük ölçekli çiftlikleri hedeflemektedir. Bununla birlikte, belirli parametrelere ve kullanım durumlarına odaklanan basit PLF sistemlerini kullanıma sunan birkaç yerli şirket vardır (örneğin, doğurganlık yönetimini iyileştirmek için östrus tespiti). Bu sistemler nispeten düşük maliyetlidir ve bir yardım hattı aracılığıyla destekle birlikte tak ve çalıştır esasına göre satılmaktadır. Genel olarak pazar, yeni girişlerle dinamik bir yapıya sahiptir.[27]

26 Spektrumun alt ucundaki sensörler yalnızca doğurganlık performans göstergelerini izler. Üst uçtaki sensörler ayrıca sağlık parametrelerini izler ve grup izlemesine izin verir. Sabit maliyetteki fark, anten tipi, yazılım maliyetleri, gerekli yazılım güncellemeleri ve farklı sistemler için gereken bilgisayar ile ilgilidir.

27 Son on yılda, küresel PLF sağlayıcıları distribütörler (DeLeval, GEA ve Nedap) aracılığıyla Türkiye pazarına girmiştir. DeLeval ve GEA, süt sağım odalarının ana tedarikçileridir ve son beş yılda inek izleme PLF sistemlerini eklemişlerdir. Nedap, çok düşük penetrasyonla yaklaşık üç yıldır pazarda faaliyet gösteriyor. Allflex 15 yıldır Türkiye'de kendi ofisine sahip ve yaklaşık sekiz yıldır PLF teknolojileri satıyor. Türk sağlayıcılar pazara daha yakın zamanda girmiştir.

Kullanım alanları ve benimseme seviyeleri

Genel olarak, vaatlerine rağmen, PLF'nin çiftlik düzeyinde benimsenmesi düşük kalmış ve çoğunlukla büyük çiftliklerle sınırlı kalmıştır (Türkiye'de ve başka yerlerde). Tahminen 1 000 çiftlik - çoğunlukla büyük olanlar - şu anda çoğunlukla sağım odaları ve robotlarla bağlantılı olarak PLF teknolojilerini kullanmaktadır. Bağımsız PLF sistemlerinin satışı hala sınırlıdır.

Yemleme otomasyonu, ahır hijyeni ve süt sağım robotları sadece en büyük çiftliklerde kullanılmaktadır; sektör tahminlerine göre bu sayı 100'den azdır. Otomasyon yatırımları, en az 50 verimli ineğe sahip çiftlikler için Tarım ve Orman Bakanlığı ve Kırsal Kalkınma için Katılım Öncesi Yardım Aracından sağlanan yüzde 50 yatırım hibeleri yoluyla uzun yıllardır desteklenmektedir.

Küçük ve orta ölçekli çiftliklerin teknolojiyi benimsemesinin önündeki başlıca yapısal engeller; yüksek ilk yatırım maliyetleri, PLF ve faydalarının bilinmemesi, yatırımın gerçek getirisinin belirsizliği ve finansal kısıtlamalarla ilgilidir. Düşük benimseme seviyeleri, çiftçiler arasında bilgi ve deneyim alışverişi için ve genellikle benimseme için en güçlü itici güç olan "ağızdan ağıza yayılma" için sınırlı fırsatlar sunmaktadır. Robotik ve diğer otomasyonlar, yalnızca büyük çiftlikler için uygun olan yüksek yatırım maliyetleri gerektirir.

BOX 10

KULLANIM DURUMU ÖRNEĞİ: ÖSTRUS TAHMİNİ

Küçük süt ürünleri üreticileri için nispeten basit bağımsız bir PLF sistemi için bir uygulama, üreme aralığını azaltmaya yardımcı olan östrus tespitidir, böylece maliyetleri düşürür ve süt ürünleri üretiminin verimliliğini artırır. Bir pedometre aracılığıyla aktivite ölçümüne dayanan PLF yazılımı, bir kızgınlık olayının zamanlamasını ve gebe kalma veya suni tohumlama için en uygun zamanı tahmin eder. Uzmanlar bu teknolojinin buzağılama aralığının yüzde 10 azaltılmasına katkıda bulunabileceğini ve bunun da inek başına yıllık süt üretiminde benzer bir artışa yol açacağını tahmin ediyor. Buna ek olarak, kızgınlık tespitinin iyileştirilmesi ve suni tohumlama için en uygun zamanlamanın öngörülmesi, hayvan başına maliyetlerin azaltılmasına katkıda bulunur. Halihazırda suni tohumlama kullanmayan küçük çiftçiler, PLF'nin uygulamaya konmasından sonra bunu yapmaya teşvik edilebilir ve bu da verimliliğin artmasına katkıda bulunacaktır. Bazı yerli tedarikçiler pazarı test etmek için düşük maliyetli tak-çalıştır sistemleri piyasaya sürmüştür (bkz. ana raporun 2. Bölümü).

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

Kullanım alanları ve benimseme seviyeleri

Düşük ila orta. PLF pazarının genişlemesine yönelik temel yapısal kısıt, süt hayvancılığı yapısıyla ilgilidir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın kayıtlı süt üreticilerine ilişkin veri tabanına göre, 100'den fazla ineği olan sadece yaklaşık 2 000 çiftlik bulunmaktadır ve bu pazarın yarısı halihazırda teknolojilere erişmiştir. Ayrıca, 50 ila 100 ineğe sahip yaklaşık 6 000 üretici ve 20 ila 50 ineğe sahip 35 400 çiftçi bulunmaktadır. Çiftçilerin ve hayvanların büyük bir kısmı 20 inekten daha az ineğe sahip çiftliklerdedir (2,2 milyon ineğe sahip yaklaşık 335 000 çiftlik). Orta ölçekli tarım segmentine nüfuz etmek için daha düşük maliyetli çözümler ve kullanım örneklerinin açıkça gösterilmesinin yanı sıra çiftçilerde farkındalık yaratılması ve kapasite geliştirilmesi gerekecektir. Küçük çiftlikler çiftçi tarafından kolayca izlenebilir ve PLF'nin katma değeri çok sınırlı olabilir.

BOX 11

HASSAS HAYVANCILIK TEKNOLOJİLERİNDE ÖNCÜ BİR İŞLETME: FEYZ ÇİFTLİĞİ ÖRNEĞİ

FeyzSut, 2 000 sağmal ineği ile Bursa'da hassas hayvancılık yapan büyük bir süt çiftliğidir. Çiftlik, entegre yem üretimi ile süt ve sığır eti üretmektedir. Feyz Çiftliği, 2012 yılından bu yana girdi izleme ve alım planlamasına olanak tanıyan bulut tabanlı bir program olan Dinamica Generale (DTMic) kullanmaktadır. Süt ineklerine tutarlı bir şekilde toplam karma rasyon (TMR) sağlamak, verim istikrarı için kilit öneme sahiptir. Sistem, inek başına yem tüketimini ve ilgili maliyeti hesaplar. Besleme makinesi otomatize edilmiştir. Örneğin, artıklar sistem tarafından daha genç ineklere yönlendirilir. Arayüz, süt ineklerinde ve sığır eti üretiminde kullanılan girdiler için entegre edilmiştir.

Süt inekleri için çiftlik ayrıca GEA inek izleme sistemleri (pedometreler) ve süt sağım odasına bağlı sürü yönetim yazılımı kullanmaktadır. Tüm inekler sisteme kayıtlıdır. Sistemdeki her hayvan için tüm doğum, hastalık, yönetim ve işleme geçmişi izlenebilir satırlar halinde kaydedilir. Sistem, örneğin hastalık risklerini işaretlemek için ineğe özgü verileri kullanır. Sistem, ineklerin ısı verilerini süt verimi veya ineğin hareketliliği gibi diğer değişkenlerle çapraz olarak karşılaştırarak inekler için hastalık riskinin belirlenmesini sağlar. Temel ölçümlerin ineğe özel izlenmesi, hastalıkların, verim performansının ve toplam karma rasyon değişikliklerinin potansiyel etkilerinin erken teşhisini sağlar. Çiftlik, inek başına günlük ortalama 40,8 litre süt üretimi ve yüzde 3,8 yağ oranıyla Türkiye'deki inek başına ortalama 12 litrenin oldukça üzerinde bir değere sahiptir.

Feyz Süt ayrıca, (i) hassas tohumlama için dron ve uydu görüntüleri, toprak organik maddesi, nem ve bitki büyümesinin izlenmesi ve (ii) minimum toprak işleme uygulayan hassas bir ekim makinesi de dahil olmak üzere bir dizi hassas tarım tekniği kullanarak 550 hektarlık kiralık arazide (yonca, mısır ve buğday) yem ihtiyacının yaklaşık yarısını üretmektedir.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

İZLENEBİLİRLİK

Teknolojinin kısa tanımı

İzlenebilirlik sistemleri, bitkisel ve hayvansal ürünlerin tarladan son tüketiciye kadar izlenmesine olanak tanır ve tüm çiftlik içi ve dışı operasyonları kapsar. İzleme genellikle lot, çiftlik yeri, hasat tarihi, hasatçı, paketleme yeri, paketleme tarihi, paketleyici gibi çeşitli bilgilerin yanı sıra gübreleme ve ilaçlama gibi çiftlik içi tarımsal bilgileri yansıtan sayılar, harfler veya diğer tanımlamalardan oluşan benzersiz kodlara sahip partilere dayanır. İzlenebilirlik çözümleri arasında kağıt tabanlı sistemler, elektronik barkod veya QR kodu üreten sistemler ve blok zinciri sistemleri yer almaktadır. Tüm aşamalarda veriler manuel olarak veya GPS, radyo frekanslı tanımlama (RFID) ve/veya nesnelerin interneti (IoT) teknolojisi aracılığıyla otomatik olarak girilebilir. Çiftlik içi ve dışı aşamalarda güvenilir veri girişi, veri odaklı tesislerin geliştirilmesi için son derece kritiktir (Xiong *vd.,* 2020). Sürecin farklı aşamalarında manuel olarak veya IoT cihazları aracılığıyla üretilen bilgileri entegre etmek, izlemek ve analiz etmek için uygun kurumsal kaynak planlama sistemlerine ihtiyaç vardır.

İzlenebilirlik sistemleri, sıcaklık veya nem gibi parametreler aracılığıyla depolama ve nakliye sırasında ürün kalitesini izlemek için de kullanılır. Bu, sensörlerin ve diğer IoT cihazlarının, kamyonların ve depoların entegrasyonunun yanı sıra belirli partilerle ilgili laboratuvar analiz sonuçlarının entegrasyonunu da gerektirir. Tarım faaliyetlerinin (örneğin su, gübreleme ve zirai ilaç kullanımı) tam ve şeffaf bir şekilde izlenebilirliğini sağlamak için yüksek düzeyde otomatik veri toplama ve hatta yönetim süreçleri (örneğin sera üretimi veya dikey tarım) gerekecektir.

Tarım sigortası, akıllı tarım, değer zincirinde gıda güvenliği ve güvenilirliği ve tarım ürünlerinin e-ticareti gibi alanlarda tarımda blok zinciri teknolojilerinin kullanımına olan ilgi artmıştır. Tarım-gıda değer zincirinde, geleneksel izlenebilirlik sistemlerine kıyasla blok zinciri teknolojisi, takip edilen ürünlerin gerçek zamanlı olarak net ve sağlam bir denetim izini sunarak daha akıllı ve daha güvenli bir tedarik zinciri yaratır. Blok zinciri, tüm katılımcı düğümler tarafından onaylanan ve sürekli büyüyen veri kayıtlarına sahip dağıtılmış ve değişmez bir defterdir. Böylece, tarımsal gıda üreticilerinin izlenebilirlik bilgileri değişmez bir şekilde güvence altına alınmakta ve çiftçiler, üreticiler ve distribütörler arasında işbirliğine dayalı bir blok zinciri ağı aracılığıyla oluşturulup paylaşılabilmektedir (Demestichas *vd.,* 2020).

Yatırım maliyetleri

- Barkod tabanlı bir sistem, barkod okuyucu, barkod yazıcı ve bir sunucu makine dahil olmak üzere yaklaşık 10 000 ABD dolarına mal olmaktadır. Ayrıca, işlem hacmine bağlı olarak maliyeti yaklaşık 1000-10 000 ABD doları olan barkod oluşturma yazılımı kullanılmalıdır.
- Minimum uygulanabilir bir blok zinciri çözümü, bir danışmanın altı aylık çalışması da dahil olmak üzere yaklaşık 30 000-35 000 ABD dolarına mal olmaktadır.
  Bu rakama GPS, RFID, sensörler (IoT için) ve barkodlar gibi veri toplama aşaması için gerekli donanım ve yazılımlar dahil değildir. Veriler manuel olarak girilecekse, ek işçilik maliyetleri göz önünde bulundurulmalıdır.
- Yeni ERP sistemlerini uygulamaya koymanın maliyetleri önemli olabilir. Görüşülen büyük ölçekli bir tarım işletmesi (Anadolu Etap), SAP yazılımının kurulumunun 2019 yılında yaklaşık 1 500 000 ABD dolarına mal olduğunu ve yıllık bakım masraflarının da yaklaşık 80 000 ABD doları olduğunu belirtmiştir.

Ana sağlayıcılar

Donanım ve yazılım teknolojileri ve sistem gereksinimleri, farklı izlenebilirlik seçenekleri arasında önemli ölçüde farklılık gösterir. SAP Fiori, Netsis gibi birden fazla ERP sağlayıcısı, Bimser gibi eklenti yazılımlar ve QlikSense gibi veri entegrasyonlu gösterge paneli sistemleri bulunmaktadır.

Blok zinciri çözümleri için KoçSistem, oBase, HEKTAŞ gibi büyük ölçekli teknoloji şirketlerinin yanı sıra TUBU gibi startup'lar da bulunmaktadır. Farmer Expert gibi işletmeler arası toptan gıda platformları da blok zinciri teknolojisini hizmetlerine entegre etmek için çalışmaktadır.

Kullanım durumları ve benimseme seviyeleri

Tarımsal işleme şirketleri, gıda perakendecileri, bazı büyük dikey entegre kooperatifler (örneğin Tariş), e-ticaret ve gıda dağıtım şirketleri (örneğin Getir) ve bazı ilerici çiftçiler (örneğin Feyz Süt) arasında izlenebilirlik sistemlerini benimseme veya geliştirme konusunda artan bir ilgi vardır. Temel itici güçler arasında dahili kalite kontrolü, ürünlerin güvenliği ve kalitesi açısından marka değerinin oluşturulması ve tüketicilerin güvenli ve taze gıda taleplerinin karşılanması yer almaktadır. İkincisi, artan gelir seviyeleri ve artan tüketici bilinci ile üretim, işleme, taşıma ve nakliye dahil olmak üzere gıdanın sağlık ve çevresel etkileri konusundaki endişeleri içeren küresel bir pazar eğilimini yansıtmaktadır. Bu eğilimler, 2000 yılından bu yana hızlı ekonomik büyüme ve kentleşme sürecinde Türkiye'de de gerçekleşmektedir. Ayrıca, eğitimli kentli tüketiciler arasında bitkisel üretimdeki yüksek pestisit seviyeleri ve kanatlı eti üretiminde antibiyotik ve hormon kullanımı konusunda artan bir farkındalık ve endişe söz konusudur. Bu endişeler, üreticileri kalite bilincine sahip şehirli tüketicilerle doğrudan buluşturan niş pazar e-ticaret girişimlerinin son zamanlarda ortaya çıkmasını da tetiklemiştir.

Migros gibi süpermarketler, meyve ve sebzeler için tüketicilerin coğrafi menşei ve hasat tarihini kontrol etmelerine olanak tanıyan basit QR tabanlı sistemler uygulamaya koymuştur. Migros, kırmızı et için iç kalite güvencesi amacıyla kullanılan daha sofistike bir izlenebilirlik sistemine sahiptir. Migros ve CarrefourSA taze ürünler için blok zinciri teknolojilerinin kullanımını araştırmaktadır, ancak bu çabalar henüz tasarım veya pilot aşamasındadır (Kutu 12). Feyz Süt ayrıca entegre karbon muhasebesi ile izlenebilirlik için bir blok zinciri sistemi getirmeyi planlıyor. Feyz'in avantajı, yem üretiminden paketleme ve nihai tüketicilere teslimata kadar yüksek düzeyde dikey entegrasyon ve yem, süt ve et üretiminde otomatik veri yakalamaya olanak tanıyan yüksek düzeyde otomasyon ve dijital cihaz kullanımıdır. Feyz'in üst düzey müşterileri bu güçlü izlenebilirliğe değer verebilir ve pazar payını genişletmesine yardımcı olabilir. Feyz, tüketici güvenini sağlamak için blok zincirinin saygın bir denetçisini arıyor.

KUTU 12

MODERN PERAKENDECİLERDE İZLENEBİLİR GÜVENLİ GIDA: CARREFOURSA VE HEKTAŞ TARAFINDAN YÜRÜTÜLEN BİR PİLOT PROJE

1956 yılında Adana'da kurulan HEKTAŞ, çoğunluk hissesi Türkiye'nin en büyük holdinglerinden OYAK'a ait olan halka açık bir şirkettir. Bitki koruma alanında sektör lideri olan HEKTAŞ, bitki besleme, tohum ve hayvan sağlığı ürünlerinde de Türkiye'de faaliyet göstermektedir. HEKTAŞ, CarrefourSA ortaklığıyla İzlenebilir Güvenli Gıda Uygulamasını tanıtmıştır. HEKTAŞ İzlenebilir Güvenli Gıda Uygulaması ile İstanbul'daki seçili premium mağazalarda CarrefourSA müşterileri ambalajların üzerindeki QR kodları okutarak ürünlerin nereden, ne zaman, hangi koşullarda temin edildiğini öğrenebilmektedir.

HEKTAŞ, 2021 yılında proje kapsamında 35 sera çiftçisiyle sözleşme imzaladı ve onlara gübre, fide, zirai ilaç, uygulama, sensörler ve tarımsal danışmanlık gibi girdiler sağladı. Ön koşul olarak, çiftçilerin naylon veya cam yapı, sulama otomasyonu, tanımlanmış su kaynağı, belgelenmiş hastalık geçmişi ve devletin sera çiftçileri siciline kayıt gibi uyumlu sera altyapısına sahip olmaları gerekmiştir. Bu seralarda bulunan sensörler tarımsal bilgileri toplamakta ve veriler HEKTAŞ'ın blok zinciri platformunda kodlanmaktadır. Fide adı, yetiştirme yöntemi, üretici adı, hasat tarihi, hasat sonrası parti numarası ve kalıntı analizi gibi ek bilgiler de sisteme girilerek HEKTAŞ'ın Blockchain platformu üzerinden kodlanıyor. Bir müşteri CarrefourSA'da ürünü satın aldıktan sonra, sistemde mevcut olan bilgileri görüntüleyebilir.

Sistemin çiftçi kapsamı sınırlıydı: mevsime bağlı olarak sera sözleşmeli çiftçi sayısı 10 ila 35 arasında değişiyordu. İzlenebilirlik sistemi, seralara yerleştirilen sensörlerin yanı sıra her parti için kalıntılar üzerinde yapılan laboratuvar analizlerine dayanmaktadır. Bu, veri girişinin doğruluğu için bir güçtür ancak aynı zamanda yatırım maliyetleri açısından da bir zorluktur. Pilot uygulama sırasında mağaza kapsamı CarrefourSA Gurme İstanbul mağazalarıyla sınırlı kaldı. HEKTAŞ, 2023 itibariyle izlenebilirlik sistemini yaygınlaştırmak için Türkiye'nin önde gelen diğer modern perakendecileri ile görüşmelerini sürdürmektedir.

Pilot uygulama sırasında çiftçilere sensörler de dahil olmak üzere girdiler ücretsiz olarak sağlandı. İzlenebilirlik ek ücreti yüzde 10 olup, CarrefourSA veya HEKTAŞ için daha yüksek bir kar marjı olmaksızın doğrudan üreticiye yansımaktadır. Sensör donanımlı sistem gelecekte bir HEKTAŞ iş koluna ölçeklendirilecektir. Genel olarak, bu sensör destekli blok zinciri tabanlı izlenebilirlik pilot projesi, gelecek vaat eden bir yörünge ile ülkede ileri bir deneyimdir.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

Görüşülen tarım işletmeleri, ürün kalitesini izlemek ve iyileştirmek (örn. Kavaklıdere, Kutu 13; Tariş), marka değerini ve tüketici güvenini artırmak (örn. TAT, Migros, CarrefourSA) ve daha zorlu ihracat pazarlarında konumlarını güçlendirmek (örn. Kavaklıdere, TAT) için izlenebilirlik sistemlerine yatırım yapmaktadır.

Anadolu Etap gibi birincil üretim yapan dikey entegre tarım işletmeleri, tüm tarımsal görevleri ve süreçleri (kullanılan ürünlerin türü ve hacmi, tarih ve saat, operatör vb. dahil olmak üzere) dijitalleştirerek, üretim sahalarının her bir bölümünde ve çiftlik çalışanları ve operatörleri tarafından tarım faaliyetlerini sistematik olarak izleme ve takip etme yeteneklerini güçlendirmektedir. Bazı işleyiciler, şirket agronomistleri tarafından sözleşmeli çiftçilere yönelik bu tür sistematik veri toplama yöntemlerini genişletmektedir (örn. Fritolay, Kavaklıdere). Veri girişinin çoğu hala taşınabilir cihazlar aracılığıyla manuel olarak yapılsa da, IoT cihazlarının ve otomasyonun artan kullanımı verilerin miktarını, sıklığını ve güvenilirliğini artırmaktadır. İkincisi, otomasyonun zaten bir gerçeklik olduğu sera üretiminde ve entegre yem üretimine sahip büyük hayvancılık çiftliklerinde daha kolaydır.

KUTU 13

ÜZÜM BAĞINDAN KADEHE: KAVAKLIDERE'NİN ŞARAP İZLENEBİLİRLİĞİ

1929 yılında kurulan Kavaklıdere, bugün Türkiye'de şarap sektöründe lider konumdadır. Şirket 30 ülkeye ihracat yapmaktadır ve Belçika, Hollanda Krallığı, Almanya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde iştirakleri bulunmaktadır. Şirket, 700 hektarlık kendi arazisinde (yüzde 30) ve Elazığ, Diyarbakır, Nevşehir, Denizli, Manisa ve Ankara'daki 3 000 hektarlık sözleşmeli çiftliklerde (yüzde 70) şarap üretmektedir.

Şirket, Kavaklıdere'nin ve tedarikçilerinin üzüm üretiminin kalitesini izlemek ve iyileştirmek vizyonuyla budamadan hasada kadar tüm zirai verilerin dijitalleştirilmesini ve izlenebilir olmasını sağlamayı amaçladı. Bu amaçla Kavaklıdere, kısa bir süre önce "Logo" adlı bir Türk ERP tedarikçisi tarafından geliştirilen yeni bir kurumsal kaynak planlama sistemi olan "Netsis "i benimsedi. Netsis, bir şarap mahzeni izleme ve yönetim uzantısı olan "GBM Kav" ve bir mobil satış yazılımı olan "GBM Argon" gibi diğer bağcılık eklenti uygulamalarıyla entegre edilmiştir. Şirketin tarım uzmanları budama, hasat vb. zamanlarda üzüm bağlarını düzenli olarak denetlemekte ve tedarikçi çiftçilerden gelen üzümlerin kalitesini izlemeye yardımcı olmak için henüz tarladayken Netsis sistemine veri girmektedir.

15 tarım uzmanının 2 800-3 000 tedarikçi tarlasından düzenli veri girişi yapması zorlu bir iştir. Sensör özellikli veya uzaktan algılama verileri, sisteme veri girişini tamamlamak için kullanılır. Şirketin Netsis'e girilen tüm verileri kullanımı, şişelerdeki barkod aracılığıyla tedarikçiyi ve şarabın üretim yılını izlemekle sınırlı kalmaktadır. Sistemde mevcut olan diğer tarımsal bilgiler izlenmemektedir. Barkod sistemi izlenebilirlik için sınırlı seçenekler sunuyor - bu nedenle şirket radyo frekansı ile tanımlamaya (RFID) dayalı bir sisteme geçmeyi planlamaktadır. Geçiş, RFID uyumlu ekipman (etiketler ve okuyuculardan oluşan kablosuz bir sistem) için önemli bir yatırım gerektirmektedir. RFID tabanlı sistemlerin Türkiye'deki ve yurtdışındaki tüm üretim ve satış süreçlerini daha iyi entegre etmesi beklenmektedir.

KAYNAK: Yazarların bu rapor için hazırladıkları değerlendirmeler.

Genel geri bildirim

Migros gibi perakendeciler tarafından meyve ve sebzeler için kullanılan izlenebilirlik sistemleri QR kodlarına dayanmaktadır ve şu anda tüketicilere sınırlı bilgi ve kalite güvencesi aktarmaktadır. Tarım işletmeleri, bazı yüksek kaliteli segmentlerde IoT cihazlarının aşamalı entegrasyonu ile izlenebilirlik sistemlerini geliştirme konusunda çeşitli seviyelerdedir. Bazı gıda perakendecileri ve tarım işletmeleri blok zinciri teknolojilerinin kullanımını araştırıyor olsa da, mevcut maliyet-fayda denklemi hızlı benimseme lehine değildir. Bazı tarımsal girdi şirketleri şu anda ek bir hizmet olarak izlenebilirlik sistemlerini test etmektedir. Bu, artan çevresel ve tüketici endişelerini ele alırken pestisit satışlarının sürdürülmesine yardımcı olabilir ve geleneksel ürün satışlarından kaynaklanan azalmaları telafi etmeye yardımcı olacak bir miktar ek gelir sağlayabilir.

Teknoloji zorlukları

- Çiftlik içi operasyonlar için veri girişi, izlenebilirlik uygulamalarının çoğunda manuel ve insan tarafından yapılmaya devam etmektedir, bu da veri doğruluğunu insan hatasına açık hale getirmektedir. Sensör öncülüğündeki IoT teknolojileri şu anda büyük ölçüde sera üretimiyle sınırlıdır.
- İzlenebilir gıdaya yönelik talep esas olarak büyük ölçekli tarım işletmelerinden gelmekte ve sözleşmeli çiftçilere kadar inmektedir. Küçük e-ticaret girişimleri dışında, küçük çiftçilerin doğrudan tüketicilerle veya perakendecilerle bağlantı kurmak için kullanabilecekleri iyi yapılandırılmış ve kolay erişilebilir bir izlenebilirlik platformu şu anda bulunmamaktadır.
- İzlenebilirlik uygulamaları, özellikle küçük üreticiler için işleyen bir sistemin toplam maliyetini artıran donanım yatırımlarının (örn. sensörler) yanı sıra yazılım da gerektirmektedir.
- Yüksek oranda dijitalleştirilmediği sürece birincil üretim seviyesinde güvenilir izlenebilirlik sağlamak zordur. Aksi takdirde, sisteme müdahale edilmesi riski ortaya çıkmaktadır.
- Veri girişiyle ilgili sorunlar ve riskler göz önüne alındığında, güven oluşturmak için blok zincirleri de dahil olmak üzere izlenebilirlik sistemlerinin bağımsız bir denetimine ihtiyaç vardır.

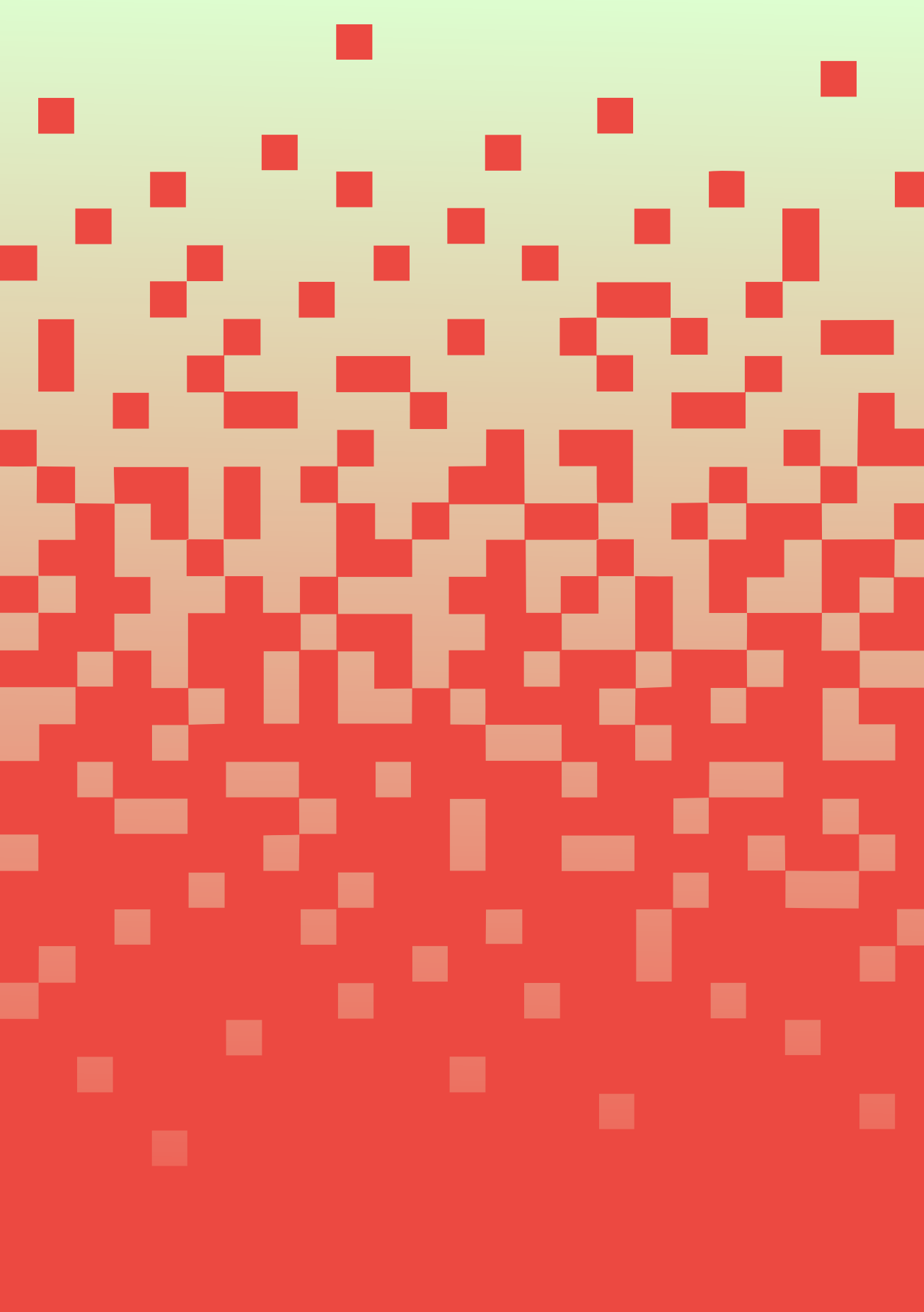
Çıkarılan dersler

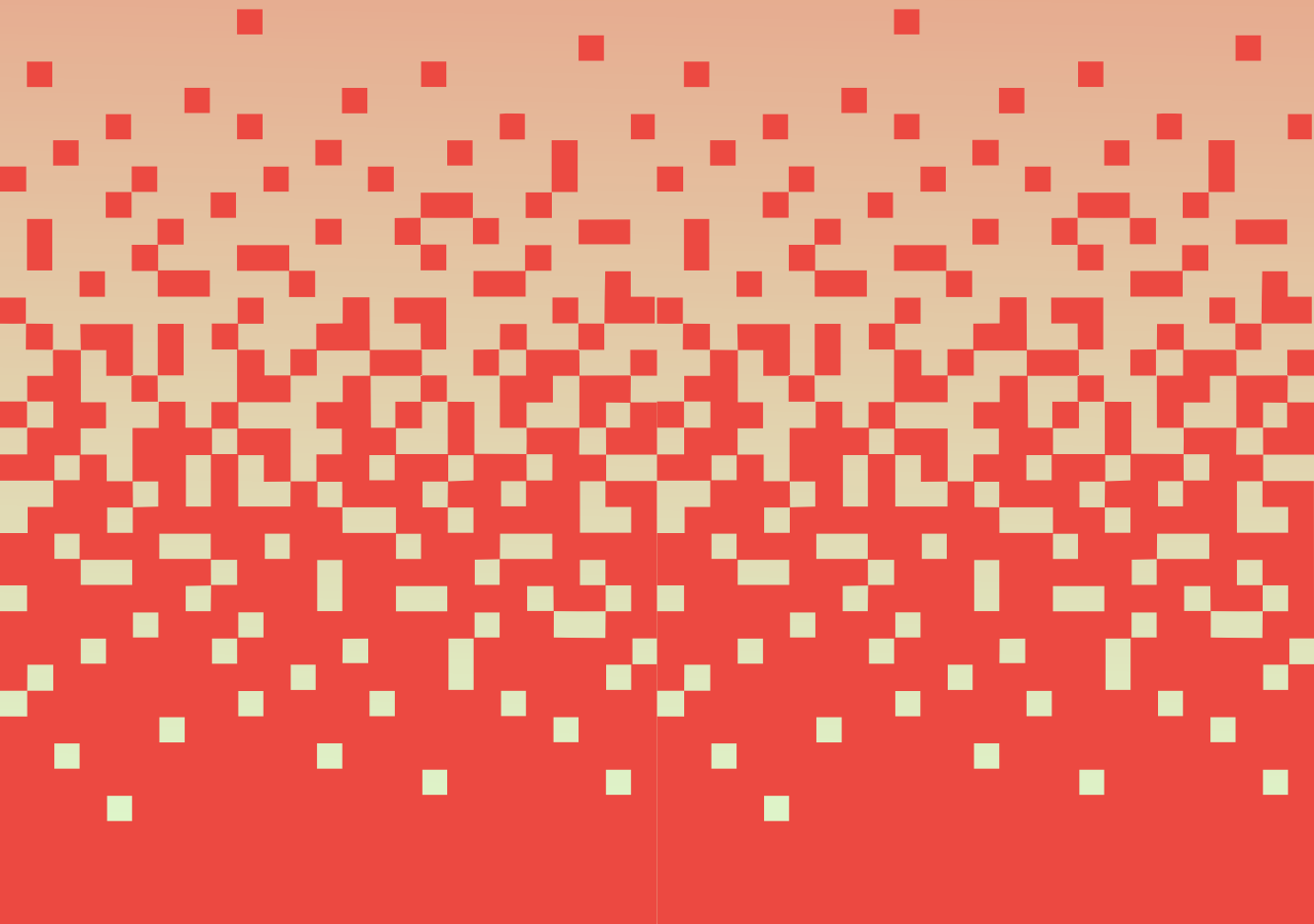
İzlenebilirlik pahalıdır ve doğruluk ve güvenilirliği artırmaya yönelik yatırımların ya düzenleyici gereklilikler ya da tüketici talebi ve ödeme istekliliği tarafından yönlendirilmesi gerekir. Blok zinciri teknolojisi bile ancak veri girişi otomatikleştirilebildiği veya harici olarak doğrulanabildiği takdirde (örn. laboratuvar sonuçları, prosedürel denetimler) tamamen güvenilir sonuçlar sunabilmektedir. Otomatik veri girişi yalnızca yüksek düzeyde otomatikleştirilmiş korumalı tarım (seralar ve dikey tarım) ve bazı hayvancılık çiftlikleri için uygulanabilir görünmektedir. Bu nedenle tarımda ve tarım işletmelerinde blok zinciri çözümlerine yönelik talep sınırlıdır. Ayrıca, "blok zinciri" teriminin, bu şekilde etiketlenen birçok uygulamanın bir blok zincirinin teknik gerekliliklerini yalnızca kısmen karşılamasına rağmen, kesinlik ve güvenilirlik niteliklerini ima eden bir moda sözcük olarak gelişigüzel kullanımı da söz konusudur.

Genişleme potansiyeli

Orta. Kaliteli, güvenli ve sağlıklı gıdaya ve çevre dostu üretim süreçlerine yönelik artan tüketici talebine ilişkin uzun vadeli eğilim Türkiye'de gerçekleşmeye devam edecek olsa da, 2019'daki ekonomik gerileme ve 2021'den bu yana artan gıda fiyat enflasyonu nedeniyle önemli ölçüde yavaşlamıştır. Tüketicilerin gıda güvenliği arayışı, gıda perakendecilerinin izlenebilirlik ve kalite güvencesini güçlendirme çabaları için önemli bir itici güç olmaya devam edecektir. Yine de, Türkiye'deki yüksek gıda fiyatları enflasyonu nedeniyle tüketici davranışlarında gıda fiyatlarına ilişkin kaygılar açıkça ağır basmaktadır. İzlenebilir güvenli gıda, yerel premium tüketici segmenti için niş bir hizmet olmaya devam etmektedir. Yurtdışındaki izlenebilir gıda talebi, Türkiye'deki gıda ihracatçılarını izlenebilirlik uygulamalarını hayata geçirmeye teşvik ediyor.

Süreç verimliliğini optimize etmek ve ürün kalitesini izlemek veya iyileştirmek için IoT araçlarının ve kısmi otomasyonun artan kullanımı ve ERP sistemlerine entegrasyonun yardımıyla üretimde ve ötesinde operasyonel süreçlerin izlenebilirliği için daha büyük bir potansiyel vardır.





Referanslar

Demestichas, K., Peppes, N., Alexakis, T. & Adamopoulou, E. 2020. Blockchain in agriculture traceability systems: a review. *Applied Sciences, 10*(4113). https://doi.org/10.3390/app10124113

FAO. 2018. *E-agriculture in action: drones for agriculture.* Rome. www.fao.org/3/I8494EN/i8494en.pdf

Hafeez, A., Husain, M.A., Singh, S.P., Chauhan, A., Khan, M.T., Kumar, N., Chauhan, A. & Soni, S.K. 2022. Implementation of drone technology for farm monitoring & pesticide spraying: A review. *Information Processing in Agriculture.* https://doi.org/10.1016/j.inpa.2022.02.002

IPSA (International Society of Precision Agriculture). 2024. Precision Ag Definition. In: *IPSA.* Monticello, Illinois, ABD. [6 Haziran 2024'de alıntılanmıştır.] www.ispag.org/about/definition

Markets and Markets. 2024. Precision Livestock Farming Market. In: *Markets and Markets.* Pune, Hindistan. [6 Haziran 2024'da alıntılanmıştır.] www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/precision-livestock-farming-market-29706557.html

Moitzi, G., Landerl, G. & Weingartmann, H. 2009. Saving of fuel and working time in field operations through GPS-steering assistance and automatic guidance systems in tractors. *International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering,* Ruse, Bulgaria.

Omia, E., Bae, H., Park, E., Kim, M.S., Baek, I., Kabenge, I. & Cho, B.-K. 2023. Remote sensing in field crop monitoring: a comprehensive review of sensor systems, data analyses and recent advances. *RemoteSens,* 15(354). https://doi.org/10.3390/rs15020354

Shockley, J., Dillon, C.R., Stombaugh, T. & Shearer, S. 2012. Whole farm analysis of automatic section control for agricultural machinery. *Precision Agriculture,* 13: 411–420. https://doi.org/10.1007/s11119-011-9256-z

Soto, I., Barnes, A., Balafoutis, A., Beck, B., Sanchez, B., Vangeyte, J., Fountas, S., Van Der Wal, T., Eory, V. & Gomez-Barbero, M. 2019. *The contribution of precision agriculture technologies to farm productivity and the mitigation of greenhouse gas emissions in the EU.* EUR 29320 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. https://dx.doi.org/10.2760/016263

Tarsens. 2024. Tarsens R&D Projects. In: *Tarsens.* İstanbul. [6 Haziran 2024'de alıntılanmıştır.] www.tarsens.com/

Tekin, K., Yurdakök-Dikmen, B., Kanca, H. & Guatteo, R. 2021. Precision livestock farming technologies: novel direction of information flow. *Ankara Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi,* 68. www.researchgate.net/publication/350380523_Precision_Livestock_Farming_Technologies_Novel_Direction_of_Information_Flow

Webb, B, Blackwell, P, Riethmuller, G. & Lemon, J. 2004. *Tramline farming systems technical manual.* Bulletin 4607. Department of Primary Industries and Regional Development, Western Australia, Perth. https://library.dpird.wa.gov.au/bulletins/188/

Xiong, H., Dalhaus, T., Wang, P. & Huang J. 2020. Blockchain technology for agriculture: applications and rationale. *Frontiers in Blockchain,* 3. www.frontiersin.org/articles/10.3389/fbloc.2020.00007