

Hassas Tarım Uygulamalarında İnovasyon

Servet Soyguder^{1*}, Ebru Erdoğan²

^{1,2}Ankara Yıldırım Beyazıt University, Engineering and Natural Sciences Faculty, Ankara

¹ ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-8191-6891>

² ORCID No: <https://orcid.org/0000-0003-2495-7002>

Anahtar Kelimeler	Öz
Hassas tarım, Akıllı Teknoloji, Ürün verimliliği	<i>Dünya nüfusunun artması ile gıda tüketiminde doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu tarımsal üretimin verimli hale getirilmesini zorunlu kılmıştır. Tarımsal arazilerin kentsel yerleşime dahil edilerek imara açılması, tarımsal arazilerin giderek azalmasına neden olmuştur. Tarımsal üretim veriminin artırılması amacı ile yapılan bilinçsiz sulama ve kimyasal gübre kullanımı ise tarım arazilerini kullanılamaz hale getirmiştir. Bilişim teknolojilerinin tarıma uygulanabileceği fikri ile 1990'lı yılların başında ortaya çıkan ve akıllı teknoloji uygulamalarının dahil edildiği tarım, "hassas tarım" olarak adlandırılmış, ABD' de ve AB ülkelerinde yaygınlaşmış, ülkemizde ise yeni kullanılır hale gelmiştir. Hassas tarım olarak adlandırılan tekniklerin kullanılması ile gübre veriminin sağlanması, tarımsal zararlılara (yabani ot, zararlı haşere vb.) karşı kimyasal madde kullanımından tasarruf edilmesi, dron ve GPS(Global Positioning System) gibi farklı teknolojilerden faydalanılarak minimum insan gücü ve minimum kaynak kullanımı ile maksimum ürün verimliliği amaçlanmaktadır. Tarım arazilerinde fazla kullanımı çevre kirliliğine neden olabilecek kimyasalların ihtiyaca yönelik tespiti ve uygulanması, tarım alanlarının yeteri kadar sulanması, toprak analizi ile eksik toprak besin maddelerinin verilmesi sayesinde tarımsal arazilerin sürdürülebilirliği mümkün olacaktır. Bu çalışmada; Hassas tarım uygulamalarında kullanılan bilişim teknolojilerinin geliştirilip yaygınlaşması, söz konusu teknolojiye ulaşılabilirliğinin artırılmasında inovasyonun teknolojik durumu incelenmiş ve irdelenmiştir.</i>

Innovation in Precision Agriculture Applications

Keywords	Abstract
Precise Agriculture, Smart Technology, Productivity	<i>As the world population increases, food consumption also increases in direct proportion. This necessitated agricultural production to be made more efficient. The inclusion of agricultural lands in urban settlements and their opening to development has led to a gradual decrease in agricultural lands. Unconscious irrigation and use of chemical fertilizers to increase agricultural production efficiency have made agricultural lands unusable. Agriculture, which emerged in the early 1990s with the idea that information technologies could be applied to agriculture and included smart technology applications, was called "precision agriculture", became</i>

*Sorumlu yazar; e-posta: servetsoyguder@aybu.edu.tr

widespread in the USA and EU countries, and has just become used in our country. Ensuring fertilizer efficiency by using techniques called precision agriculture, saving on the use of chemicals against agricultural pests (weeds, pests, etc.), using different technologies such as drones and GPS (Global Positioning System) to maximize maximum productivity with minimum manpower and minimum resource usage. product efficiency is aimed. Sustainability of agricultural lands will be possible through the need-oriented detection and application of chemicals, the excessive use of which may cause environmental pollution in agricultural lands, adequate irrigation of agricultural fields, and the supply of missing soil nutrients through soil analysis. In this study; The technological status of innovation in the development and dissemination of information technologies used in precision agriculture applications and in increasing the accessibility of the technology in question has been examined and examined.

Araştırma Makalesi		Research Article	
Başvuru Tarihi	: 07.06.2023	Submission Date	: 70.06.2023
Kabul Tarihi	: 06.09.2023	Accepted Date	: 06.09.2023

1. GİRİŞ

Dünyada hassas ve akıllı tarım uygulamaları gittikçe yaygınlaşmaktadır. Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri, Almanya ve Hollanda bu uygulamalarda önemli yer tutmaktadırlar. Sözü geçen ülkelerin tarım üretiminde ilk sıralarda yer almaları tarımda teknolojiyi çok iyi bir şekilde kullanmaları ile mümkün olmuştur. Hassas tarım uygulamalarının ne kadar önemli olduğunu, Türkiye’de Konya ili kadar bir yüzölçümü olduğu halde günümüzde dünya tarımında 80 milyar Euro ihracata sahip olan Hollanda’ya bakarak anlayabiliriz (Yüksel ve Meral, 2020). Şekil-1 hassas tarım uygulamalarındaki süreçlere bir örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 1. Hassas tasarım uygulamalarındaki süreçlere bir örnek (Yüksel ve Meral, 2020)

Günümüzde ilaçların ve gübrelerin insan sağlığına olumsuz etkileri bilinmektedir. İnsan sağlığının yanı sıra gerektiğinden fazla kullanılan ilaç ve gübreler toprak kirliliğine neden olmaktadır. Fazla sulama yapmak da fazla ilaçlama ve gübreleme gibi toprağın kullanılamaz hale gelmesine neden

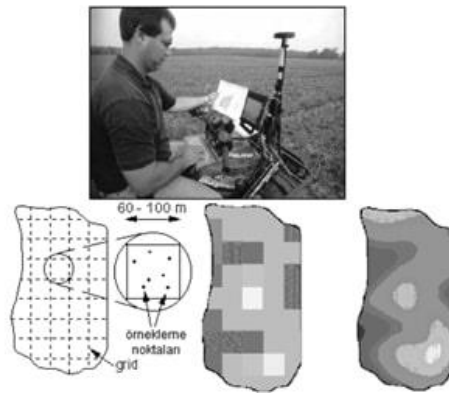
olabilir. Gelişen teknoloji tarım sektöründe de kullanılmakta, üretimi ve insan sağlığını olumsuz etkileyen tarımsal yanlışları engelleyebilmek için güçlü bir alternatif olmaktadır.

Sonuç olarak hassas tarım, tarımsal üretim ve işletmede; hem ekonomik hem de doğa kirliliğinin azalmasını amaçlayan metottür (Tekin ve Sındır, 2006). Hassas tarım; yeni teknolojiler ışığında üretilen bilgiler ve bu bilgiler sayesinde üretilen yeni araçlar sayesinde geliştirilmiştir. Hassas tarımın bileşenleri; küresel konum belirleme sistemi (GPS), coğrafi bilgi sistemleri (Geographic Information Systems(GIS)), ürün izleme aletleri, bitki, toprak ve yabancı ot sensörleri, uzaktan algılama ve değişken düzeyli uygulama (Variable Rate Application(VRA)) şeklindedir.

2. KÜRESEL KONUM BELİRLEME SİSTEMİ

Hassas tarımın gelişmesindeki en önemli olay 1990 'lı yıllarda ortaya çıkan; Küresel Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System: GPS) olmuştur. GPS sistemi ile herhangi bir zaman diliminde, herhangi bir konumu belirlenebildiği görülmüştür (Brase, 2005; Aktaran ve Türkmen, 2015).

Hassas tarım kapsamında, hangi bölgede ne kadar verim elde edildiği GPS yardımı ile hasat esnasında belirlenip kayıt altına alınabilir ve GPS verilerinden elde edilen sonuçlara göre hasat edilen ürünün biyokütlesi ile elektromanyetik tarama yardımı ile toprakların verimleri karşılaştırılabilir. Toprağın daha verimli bir hale getirilmesi, topraktaki yabancı ot ve zararlıların engellenmesi gibi tarımsal üretim konularında HT yöntemleri ve araçları kullanılabilir. Mesela üreticiler, trafik sistemlerini kontrol etmede, sırt oluşturmada ya da önceki yıllarda yapılan ekim ve ilaçlamanın aynı yerlerde yapılmaması ve verimi artırmak için ekim ürünlerini yıllara göre sıralama konularından GPS yönteminden yararlanabilir. Yine zirai ilaç kullanımlarının sonuçlarını ve değişik ürünlerin, farklı alanlarda ne kadar verim getirdiğini tespit etmek adına verim haritaları oluşturularak bir sonraki yılın performansının artırmak için değerlendirmeler yapılabilmektedir. Ucuz olmayan ilaç, tohum gibi girdilerin yerli yerinde kullanılması, bir alanın farklı değerlendirilmesi gereken bölümlerinin ayrılması gibi hususlar da Hassas Tarımın amaçları arasında sıralanabilir (Türker , Akdemir, Topakcı, Tekin, Ünal, Aydın, Özoğul ve Evrenosoğlu, 2015). Şekil-2 toprağın kalite dağılımını göstermek için yapılan bir çalışma örneğidir.



Şekil 2. Toprağın kalite dağılımını göstermek için yapılan bir çalışma örneği (Çorumluoğlu, Kalaycı ve Ceran, 2007)

3. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ

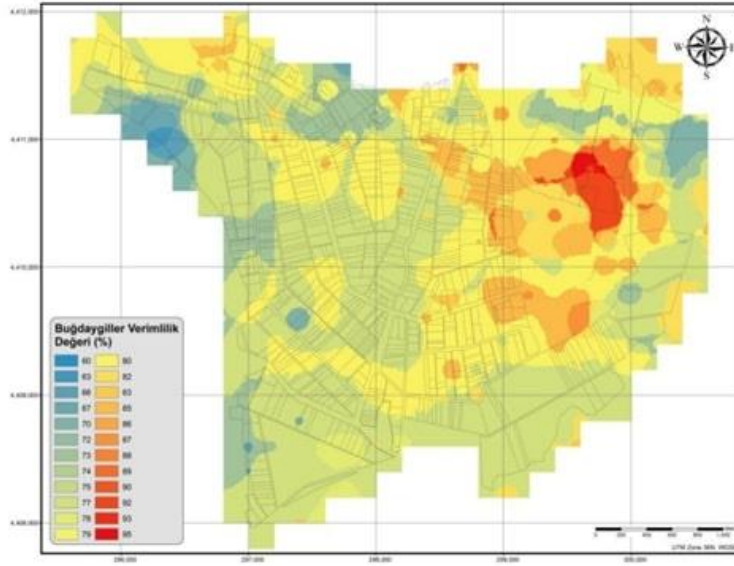
Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographic Information Systems); yer, mekân ve insan ile ilgili coğrafi dataların yeryüzündeki gerçek referansları ile beraber veri tabanında toplanması, bunlar üzerinde amaca yönelik farklı analizlerin gerçekleştirilmesi ve sonuçların grafikler, harita ve tablo şeklinde görüntülenmesi için dizayn edilmiş olan bir bilgisayar sistemidir (Fitzpatrick, 2000; Aktaran ve Ballı, 2021)

Coğrafi bilgi sistemlerinin ana işlevlerini gerçekleştirebilmesi için 5 ana başlığın birlikte bulunması gerekmektedir. Bahsi geçen bu ana başlıklar, bütününde coğrafi bilgi sistemlerini de oluşturan; insanlar, yöntemler, yazılım, donanım ve veridir. (Türkmen, 2015). Şekil-3'de ilgili çalışma görülmektedir.

Coğrafi bilgi sistemleri hassas tarımı oluşturan en önemli unsurlardan birisidir. Hava durumu, mevcutta bulunan su kaynaklarının durumu, toprağın ve toprağın altındaki kayaçların durumu vb. konularda muhtevası geniş veri tabanı oluşturulması ve oluşturulan veri tabanındaki veriler aracılığı ile amaca uygun unsurların kullanılması yine coğrafi bilgi sistemleri ile mümkün olabilmektedir.

İmal edilecek Coğrafi bilgi sistemleri için GPS alıcıları sayesinde çok az yer kaplayacak bir bilgisayar ile farklı özellikte verilerin yer aldığı konum içeren enformasyonlar elde edilebileceği gibi, uzaktan algılamada entegre bir şekilde faydalanabilmek adına yer doğrulama bilgileri ile beraber bir araya getirilecek konum bilgilerinin elde edilmesi söz konusudur. Bütün bunlar haricinde, tarımsal alanların doğruluk payı yüksek, matematiksel haritalandırmalarının da oluşturulması mümkün olabilmektedir. GPS yöntemi ile, anında, zor olmayan ve doğruluk payı yüksek bir şekilde tarımsal alanın, matematiksel haritalandırılmasının oluşturulması, hassas tarımın tarımsal alanda ihtiyaç duyacağı ana konum bilgilerini oluşturma bağlamında da epey gereklidir (Çorumluoğlu, Kalaycı, ve Ceran, 2007). CBS yöntemi sayesinde tarımsal ekonomi sahasında da birçok çalışma gerçekleştirilmesi mümkün olabilmektedir. Tarımsal alanın yapısının ve ürün yelpazesinin belirlenmesi, farklı yatırım türleri için ideal alanların hangi kısımlar olacağını tespit edilmesi, farklı işletme türlerinden ideal işletme türünün saptanması, muhtemel çevresel problemlere karşı alınabilecek önlemlerin sıralanması, tarımsal üretimle ilgilenenlerin nüfus yapılarının tespit edilmesi, tarımsal üretimi yapanların ve söz konusu ürünleri tüketenlerin niteliklerinin belirlenmesi, hane halkının demografik yapısının saptanması, üretici ve tüketici profilinin belirlenmesi, kırsal turizm varlıklarının neler ve hangi bölgelerde olduğunun tespit edilmesi, aktif olarak çalışan sanayi bölümlerinin satış potansiyellerinin saptanması, farklı tarımsal ürünleri ile ilgilenenlerin profillerinin çıkarılması, o bölgede ilk defa üretilen ürünlerin pazar alanlarının bulunması ve satış yöntemlerinin geliştirilmesi için sosyoekonomik ağın belirlenmesi, elde edilen bilgilerin hangi konularda kullanılacağını belirlenmesi, taşınmaz varlıkların kıymetlerinin belirlenmesi, taşınmaz varlıkların kıymetini azaltan ya da artıran etmenlerin belirlenmesi, tarım sigortaları muhtevastaki arazilerin ve elde edilen ürünlerin belirlenmesi gibi çalışmalar gerçekleştirilebilmektedir (Akça ve Esengün, 2003).

2015 yılında Türkmen'in Eskişehir'de yapmış olduğu çalışmada, alandaki 300 noktadan toprak örneği alınmış ve analizi yapılarak su doygunluğu, verimi, kireç değerleri, organik madde içeriği vb. özelliklerine göre CBS yardımıyla haritalandırılmıştır.



Şekil 3. Buğdayların çalışma alanında hangi yerlerde daha verimli olduğunu gösteren örnek bir çalışma (Türkmen, 2015)

Söz konusu çalışmada örnek alınan noktalardan oluşturulan değerlendirmeler kullanılarak sayısal haritalar üretilmiş ve bu tahmin haritaları sayesinde hangi buğday türünün, hangi bölgede daha verimli bir şekilde üretilebileceği tespit edilmiştir. Ağırlıklı çakıştırma (weighted overlay) analiz yöntemi kullanılarak toprak verimliliği etkileyen unsurların değerlendirilmesi yapılmak istenmiş, literatürde yapılan bir çalışma olmadığı için bütün unsurlar eşit ağırlıklı kabul edilmiş ve değerlendirme yüz puan üzerinden oluşturulmuştur. Söz konusu çalışmaya göre elde edilen sonuç haritada toplam 1268 hektar çalışma alanının buğday ekimi için % 3.15'i (39.80 hektar) az verimli, % 80.08'i (1015.47 hektar) orta verimli, % 15.45'i (195.93 hektar) iyi verimli ve % 1.32'i (16.80 hektar) yüksek verimli olarak hesaplanmış olup, buğday ekim planı bu verilere göre hazırlanarak verim en üst düzeye çıkarılabilir.

4. BİTKİ, TOPRAK VE YABANCI OT SENSÖRLERİ

Tarım makinelerine ve tarımsal araçlara sensörler yerleştirilerek tarımsal üretimin her katmanında, üretim boyunca makinelerin ve araçların birbiri ile temas halinde olması sağlanabilmektedir. Bahsi geçen donatılar sayesinde üreticilerin tarımsal alanlarda kullanmaları gereken su miktarı, zirai ilaç ve gübre miktarı belirlenebilmektedir. İklim koşulları, bitkinin ihtiyaç duyduğu besin ve mineraller, ekilecek yerin durumu, ideal hasat vakti vb. unsurlar değerlendirilerek ve bu konuda ayrıntılı veriler elde edilerek üretimin en verimli seviyeye ulaştırılması amaçlanır. Sonuç olarak, tarımsal üretim gerçekleştirenlerin; sensörler ve sensörlerden elde edilen bilgilerin değerlendirildiği akıllı teknoloji araçları sayesinde bütün üretim alanını kontrol altında bulundurmaları ve arazinin takibini gerçekleştirebilmeleri, insan gücünü ve üretim için gerekli tüm malzemelerin ekonomik bedellerini en az seviyeye çekerek hem kaliteli hem de nicelik olarak fazla ürüne sahip olma fırsatına erişebilmeleri mümkün olabilmektedir (Kılavuz ve Erdem, 2019).

Sensörler toprak sıcaklığı ve nemi, topraktan farklı seviyelerde bağıl nemin ve hava sıcaklığının belli zaman aralıklarıyla ölçülmesini sağlar. Son yıllarda çok farklı tarım sensörleri(duyurga) icat edilmiştir. Toprak nem sensörlerinin geliştirilmesi aşamasında yapılan gözlemlerde söz konusu donatıların kullanılması durumunda su tasarrufuna neden olduğu buna karşılık elde edilen verimde bir azalma olmadığı tespit edilmiştir. Nötron saçılma yönteminin maliyetinin fazla olması, tecrübeli

eleman istihdamını ve fazla güvenlik önlemi alınmasını gerektirmesi ve benzeri toprak nem sensörlerinin de maliyetinin fazla olması, üreticilerin tercih etmemesinin nedenlerinden olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple bu donatıları kullanmadan önce üretim ortamına göre şekillendirilmesi amacıyla kalibrasyon yapılması ve sayısal sonuçların yapılacak kalibrasyon baz alınarak değerlendirilmesinin uygun olacağı önceki araştırmaların bir sonucudur (Karaca, Tekelioğlu ve Büyüktaş, 2017). Yabani otların tespit edilip önlem alınması için tasarlanmış sensörler de bulunmaktadır. Bu sensörler; yabancı otların varlığını belirler ve bu verileri bilgisayardan aldığı direktifler doğrultusunda açma-kapama yöntemine göre çalışan uygulama kısmına iletmektedirler. Böylece yabancı otun varlığı hissedildiği andan itibaren, alanda bulunan yabancı ota yönelik herbisit uygulaması yapılabilecek ve yabancı otların olduğu bu bölgelere uygulanabilecektir (Çavuşoğlu ve Kitiş, 2014). Zamanımızda pek çok yabancı ot sensörleri satışa çıkarılmıştır. Tian ve arkadaşları; Yabancı otun bulunduğu bölgeleri, doğruluk payı yüksek bir şekilde saptayan yabancı ot sensörü ve yabancı otlarla mücadele etmek için tasarlanmış ilaçlama sistemi icat etmişlerdir (Titan ve ark., 1999). Purdue Üniversitesi, Medlin ve arkadaşları tarafından icat edilen çok amaçlı görüntüleme sistemi (PUMIS) kullanılarak mısır bitkisi ile yabancı otların ayrımı gerçek zamanlı olarak yapılabilmiş ve sistem tarafından yapılan ilaçlama hedefe tam olarak ulaşmıştır (Medlin ve ark, 2003). Feyaerts ve Gool 2001 yılında, bir çalışma yapmış ve bu çalışmada çok işlevli görüntüleme sistemi sayesinde tarımsal alandaki yabancı otları belirlemişlerdir. Geliştirilen donatılar ve algoritmalar yardımı ile kültür ve yabancı ot ayrımı yapılmasında % 86 gibi bir rakamla başarılı olunmuş, sistemsel yabancı ot ilaçlanmasında ise hedefe yönelik % 90 oranda yabancı otlarda azalma meydana gelmiştir. LaMastus ve arkadaşları homojen bir şekilde büyüyen bitkilerde yabancı otların belirlenmesi amacıyla çok bantlı (4 bant) kamera sistemi kullanmıştır (LaMastus ve ark, 2000). Sonuç olarak yetiştirilen bitki türüne ve yabancı ot çeşitlerine göre % 69-88 oranında doğruluk payı kazanılmıştır. Varner ve ark. 2000 yılında, soya bitkisinin aralarında kazık otu yetiştirmiş ve uzaktan algılama yolu ile bu bitkileri tanımlamayı denemişlerdir. Uzaktan algılama yolu ile elde edilen bu görüntülerde, kontrollü bir şekilde sınıflandırma yaparak % 78- 86 doğruluk seviyesinde yabancı otları tespit etmişlerdir (Güler ve Kara, 2005). Görüntülerin aslı gerçekliğinde tespit edildiği görüntü sensörleri ve bitki gelişimi aşamalarını elektronik ortama geçirmeyi hedefleyen lidar sensörler, maddeler arasında ısı farklılıklarını ölçen ve bu ısı farklarına göre sınıflandıran termal sensörler, Ultravioletole Radaition A(UVA) dalga boyunda yansıma ölçebilen multi spektral ve hiperspektral sensörler kullanılmaktadır. Nitekim UVA dalga boyu yansımalarını ölçebilen sensörlerin daha fazla kullanıldığı bilinmektedir (Türkseven ve ark., 2016). Şekil-4 toprağın nemini ölçen ve yetersiz olduğu durumlarda uyarı veren bir bitki sensörü göstermektedir.



Şekil 4. Toprağın nemini ölçen ve yetersiz olduğu durumlarda uyarı veren bir bitki sensörü

5. UZAKTAN ALGILAMA

Uzaktan algılama, bir nesne ile temas kurmadan, bu nesnenin nicelik ve nitelik özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak olarak tanımlanır. Bunun için hava fotoğrafları, radarlar, çeşitli yer gözlem-ölçüm platformları ve uydular kullanılır (Uzun, 2010).

Uzaktan algılama teknikleri; tabiatta gerçekleşen pek çok farklılıkları, anında ve doğruluk payı yüksek bir şekilde tespit edilmesini sağlamaktadır. Daha çok alanların farklı olarak değerlendirilmesi için, alanlardaki bitkilerin tespit edilebilmesi için, tarımsal arazilerin saptanmasında ve hasat veriminin öngörülmesinde, mera, ormancılık, jeoloji, erozyon takibi, toprak, madencilik alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Söz edilen alanlarda, uzaktan algılama sayesinde var olan değerlerin tespit edilmesini ve yine uzaktan algılama yöntemi ile bu değerlerin haritalandırılmasını sağlamaktadır (Çavaş, 2007).

Hassas tarımda, uzaktan algılamanın kullanıldığı yerler;

- Tarımsal ürünün tespit edilmesi
- Tarımsal ürünün değişimini takip etme
- Tarımsal üretim hasat veriminin öngörülmesi
- Tarımsal üretimde meydana gelebilecek zararların saptanması
- Tarımsal alandaki toprağın nemini ve toprağın türünü belirleme, türlere göre tanımlanması
- Tarımsal aktivitelerin organize edilmesi
- Tarımsal alanın kontrol altında bulundurulması
- Tarımsal sigortadır (Tunca, 2014).

Uzaktan algılamanın çalışma biçimi; yerküredeki bütün varlık veya unsurların farklı dalga boylarındaki elektromanyetik radyasyonu aksettirme ya da iletmedeki farklılıklarının, bu varlık ve unsurların saptanmasında kullanılması esasındadır. Böylece yerküredeki bütün varlık ve unsurların değişik elektromanyetik enerji dalga boylarına karşı yaptığı tepkime kendine has olacağı için hepsinin farklı bir parmak izi olur. Mesela, çevremizde algıladığımız renkler esasında, varlıkların kendilerine ait niteliklerinden ötürü elektromanyetik enerjinin gözle görünür dalga boylarının bulunduğu elektromanyetik çeşitlilik bölgesindeki dalga boylarının birazını absorbe ettikten sonra aksettirdiği bölümüne verilen adlardır. Bunun gibi, bitkilerin yapraklarında bulunan klorofil maddesinin elektromanyetik radyasyonun mavi ve kırmızı dalga boylu enerjilerinin çoğunu absorbe etmesi nedeni ile yeşil dalga boyunu fazlaca aksettirir ve sonuç olarak bitkiler yeşil olarak algılanırlar. Bitkilerin; hassas tarım uygulamalarında ister görünür dalga boyları olsun isterse de kızıl ötesi dalga boylarındaki elektromanyetik enerjinin her zamanki aksettirme özelliklerine kıyasla değişiklik göstermesi halinde, bitkinin su tutma durumu, sağlıklı olup olmadığı, besine ihtiyaç duyup duymadığı gibi başlıklar üzerinden son durumunun tespiti, sadece çok bantlı ve değişik vakitlerde oluşturulan uzaktan algılama görüntüleri ile imkân dahilindedir (Çorumluoğlu ve ark., 2007).

6. DEĞİŞKEN DÜZEYLİ UYGULAMA (VRA)

Önce kararsız (örneğin arazide bulunan yabancı otlar), sonra girdiler (örneğin herbisit, alev, lazer, vb.) tespit edildikten sonra bu kararsızlık göz önüne alınarak gerekli alanlara, gerekli niceliklerde müdahale edilmesine değişken düzeyli uygulama denir (Çavuşoğlu ve Kiriş, 2014). Hassas tarım; gelişmiş teknolojiler yardımı ile tarımsal alanın tümüne uygulanan bilindik sabit düzeyli uygulama yöntemleri yerine, alanın az bir kısmına ait toprak ve bitki niteliklerinin (topraktaki su miktarı, topraktaki bitki besin elementlerinin seviyesi, toprak muhteviyatı, tarımsal ürün halleri, verim, vb.) tespit edilmesi yöntemiyle değişken düzeyli uygulamayı baz almaktadır (her bir alanda gerektiği

düzeyde gübre veya zirai ilaç uygulanması, değişik derinliklerde toprak işleme, farklı normlarda ekim, değişik seviyelerde sulama ve drenaj) (Tekin ve Sındır, 2006). Değişken girdi uygulaması için öncelikle değişkenlik belirlenmeli ve bunlar kullanılmak üzere nicelikli hale getirilmeli ve uygulamadaki değişkenliğe neden olan unsurlar belirlenmelidir. Sorunların ortadan kalkması için yapılması ön görülen yöntemler doğru bir şekilde belirlenmeli ve seçilen uygulamanın ekonomik sonuçları detaylı bir şekilde araştırılmalıdır. Değişken girdi uygulamasında seçilecek prosedür ve metotlar net bir şekilde ekonomik olarak kar elde edilmesi yönünde olmalıdır (Üngör ve Akdemir 2016). Son olarak günümüz teknolojisinde artık akıllı robotik uygulamalarda mevcuttur (Soygüder ve Alli, 2011; Soygüder ve Alli, 2012; Soygüder et al, 2015; Soygüder et al, 2010, Soygüder ve Abut, 2015; Soygüder ve Abut, 2022; Soygüder ve Abut, 2019; Soygüder ve Alli, 2010; Soygüder ve Alli, 2010).

7. SONUÇ

Hassas tarım teknolojilerinden faydalanmak isteyen üreticiler, üretimin başında gelişime açık ve birbirleri ile uyum sağlayacak teknolojilerin birini ya da ikisini kullanarak ilerleyen zamanlarda bütün bu teknolojilerin üzerine imar edebileceği tümünden bir uygulamayı kanıksaması doğru olacaktır. Bu sebeple, hassas tarımın uyarlanabileceği, zamandan ve paradan tasarruf sağlayacak veya çevre yönetimini geliştirebilecek ve tarımsal deneylerin düzenlenebileceği farklı birçok kullanım yönteminin var olduğunu anımsamak gereklidir. Hassas tarım teknolojisi gelişim/geliştirilme aşamasındadır. Tarımsal bilgilerin kaydedilmesi, takibinin yapılması, bu bilgiler doğrultusunda hareket edilmesi hassas tarımın en önemli yöntemidir. Bu çalışmada; sudan, gübreden, insan gücünden tasarruf edilebilecek, çevre kirliliğini azaltabilecek, sürdürülebilirliği sağlayabilecek hassas tarım teknolojilerinin geliştirilebilmesi ve söz konusu teknolojilere ulaşılabilirliğin artırılması milli kazanım bakımından önemli bir gereklilik olduğu sonucuna varılmıştır.

Çıkar Çatışması: Yazarlar, bu araştırmayla ilgili herhangi bir çıkar çatışması bulunmadığını beyan ederler.

Yazarların Katkıları: Bu çalışma, yüksek lisans öğrencisi Ebru Erdoğan ve danışmanı Prof. Dr. Servet SOYGÜDER tarafından gerçekleştirildi.

KAYNAKÇA

Abut, T., & Soygüder, S. (2015, May). Motion control in virtual reality based teleoperation system. In 2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (pp. 2682-2685). IEEE. doi: <https://doi.org/10.1109/SIU.2015.7130441>

Abut, T., & Soyguder, S. (2022). Two-loop controller design and implementations for an inverted pendulum system with optimal self-adaptive fuzzy-proportional–integral–derivative control. Transactions of the Institute of Measurement and Control, 44(2), 468-483. doi: <https://doi.org/10.1177/01423312211040301>

Abut, T., & Soyguder, S. (2019, September). Sliding Mode Control of the Haptic-Teleoperation System Based on a Real and Virtual Robot. In 2019 International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP) (pp. 1-7). IEEE. doi: <https://doi.org/10.1109/IDAP.2019.8875990>

Ballı, Y., & Bağdatlı, C. (2021). İç Anadolu bölgesinde şebekeden deşarj edilen atıksu miktarlarının yıllar bazındaki değişim seyri ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yardımıyla mekansal analizi (Master's thesis). Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi. <http://hdl.handle.net/20.500.11787/6400>

- Çavaş, G. (2007). Uzaktan algılama sistemleri yardımı ile hassas tarım uygulamaları ve Türkiye'de uygulama olanakları Accurate agriculture practices with the help of remote detection systems and practice possibilities in Turkey (Master's thesis). <http://dspace.trakya.edu.tr/xmlui/handle/trakya/222>
- KİTİŞ, Y., & ÇAVUŞOĞLU, O. (2016). Elektromanyetik Işımlarla Yabancı Ot Kontrolü. Meyve Bilimi, 3(1), 29-36. <https://dergipark.org.tr/pub/meyve/issue/19546/208123>
- Çorumluoğlu, Ö., Kalaycı, İ., & Ceran, M. B. (2007). Bilgi Toplularında Modern Tarım Yaklaşımı: Hassas Tarımda Uydu Ve Bilgi Sistemi Teknolojileri (GPS, Uzaktan Algılama ve CBS). https://www.researchgate.net/publication/270274701_Bilgi_Toplularında_Modern_Tarım_Yaklaşımı_Hassas_Tarımda_Uydu_Ve_Bilgi_Sistemi_Teknolojileri_GPS_Uzaktan_Algılama_ve_CBS
- Güler, M., & Tekin, K. A. R. A. (2005). Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojisine Genel Bir bakış. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 20(3), 110-117. <https://dergipark.org.tr/en/pub/omuanajas/issue/20234/214257>
- Karaca, C., Tekelioğlu, B., & Büyüktaş, D. (2017). Sürdürülebilir tarımsal üretim için toprak nem sensörlerinin etkin kullanımı. Academia Journal of Engineering and Applied Sciences, 2, 33-41. https://www.researchgate.net/publication/321832018_Surdurulebilir_Tarimsal_Uretim_icin_Toprak_Nem_Sensorlerinin_Etkin_Kullanimi_Efficient_Use_of_Soil_Moisture_Sensors_for_Sustainable_Agricultural_Production
- KILAVUZ, E., & Erdem, İ. (2019). Dünyada tarım 4.0 uygulamaları ve Türk tarımının dönüşümü. Social Sciences, 14(4), 133-157. <https://dergipark.org.tr/en/pub/nwsasocial/issue/49791/511386>
- Korkmaz, D., Akpolat, Z. H., Soygüder, S., & Alli, H. (2015). Dynamic simulation model of a biomimetic robotic fish with multi-joint propulsion mechanism. Transactions of the Institute of Measurement and Control, 37(5), 684-695. doi: <https://doi.org/10.1177/0142331214565710>
- Soyguder, S., & Alli, H. (2012). Computer simulation and dynamic modeling of a quadrupedal pronking gait robot with SLIP model. Computers & Electrical Engineering, 38(1), 161-174. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2011.11.007>
- SOYGUDER, S., & ALLI, H. (2010). Dynamic model and fuzzy-pd type control of four-legged quadrupedal robot with a pronking gait. In Mobile Robotics: Solutions and Challenges (pp. 567-574). doi: https://doi.org/10.1142/9789814291279_0069
- SOYGUDER, S., & ALLI, H. (2010). Fuzzy logic control of a hexapod robot with bounding gait. In Emerging Trends In Mobile Robotics (pp. 509-516). doi: https://doi.org/10.1142/9789814329927_0063
- Tekin, A., & Sındır, K. O. (2006). Tarımsal Üretimde Hassas Tarım Uygulamaları. XI Türkiye'de İnternet Konferansı, 21-23.
- Tunca. (2014). Uzaktan Algılamanın Tarımda Kullanımı ve Uydu Verileri Tabanlı Vejetasyon İndeksi Modelleri ile Tarımsal Kuraklığın Takibi ve Değerlendirilmesi, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı sunumu.
- Türker, U., Akdemir, B., Topakcı, M., Tekin, B., Ünal, İ., Aydın, A., Özoğul, G., Evrenosoğlu, M. (2015). Hassas Tarım Teknolojilerindeki Gelişmeler, Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi.

Türkmen, E. (2016). Hassas Tarım Uygulamalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanımı (Doctoral dissertation). Anadolu University, Turkey.

Uzun, B. (2010). Fotosentetik aktif radyasyon ölçümlerinde LED ve fotodiyotların hassas tarım açısından kullanılabilirliği üzerine bir araştırma. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1543466>

Üngör, M. G., & Akdemir, B. (2016). Meyve bahçeleri için değişken miktarlı tarımsal girdi uygulama programının geliştirilmesi. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG), 33(Ek Sayı), 143-151. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gopzfd/issue/65806/1024240>

Yüksel ,A., Meral, A. (2020). Hassas Tarımda CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), UA (Uzaktan Algılama), GPS (Küresel Konum Belirleme) ve İHA (İnsansız Hava Araçları) Teknolojilerinin Kullanımı. Tarımda Yenilikçi Yaklaşımlar, Sürdürülebilir Tarım ve Biyoçeşitlilik, İksad Publishing House, 173-195.

https://www.researchgate.net/publication/348768181_HASSAS_TARIMDA_CBS_COGRAFI_BILGI_SISTEMLERI_UA_UZAKTAN_ALGILAMA_GPS_KURESEL_KONUM_BELIRLEME_ve_IHA_INSANSIZ_HAVA_ARACLARI_TEKNOLOJILERININ_KULLANIMI