



ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

Hassas Tarımda Nesnelerin İnterneti Destekli Akıllı Traktör ile Zirai İlaçlama ve Gübreleme

Agricultural Spraying and Fertilizer with Smart Tractor Supported by the Internet of Things in Precision Agriculture

Hakan Dalkılıç^{1*}, Mehmet Hilal Özcanhan²

¹ Yaşar Üniversitesi Meslek Yüksekokulu, İzmir, TÜRKİYE

² Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author *: hakan.dalkilic@yasar.edu.tr

Öz

Günümüzde tarımsal faaliyetler, teknolojik yenilikler ile gelişimlerini sürdürmektedir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin tarımda gelişmiş sistemler oluşturarak kullanılmasıyla Hassas Tarım kavramı ortaya çıkmaktadır. Nesnelerin ve sensörlerin internet aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurduğu Nesnelerin İnterneti teknolojileri Hassas Tarım kullanımını desteklemektedir. Tarım alanında yapılan çalışmaların etkinliğinin artırılarak daha verimli sonuçlar alınması, aynı zamanda bilgi alışverişinin hızı ve sürekliliği ile birlikte daha kaliteli ürünler alınmasını sağlamak mümkün hale gelmektedir. Tarlalarda yapılan ilaçlama ve gübreleme işlemlerinin otomasyon sistemi kullanılarak daha hızlı ve etkin bir şekilde yapılabilmesi Nesnelerin İnterneti cihazları ile mümkün olmaktadır. Böylelikle ilaçlama ve gübreleme zamanının, lokasyonunun ve miktarının elektronik donanımlar ile kontrol altında olması sağlanabilmektedir. Yapılan çalışma ile, Nesnelerin İnterneti cihazlarının kullanıldığı ve üzerinde tablet olan akıllı traktör prototipi oluşturulmuştur. Prototip üzerindeki tablet aracılığıyla küresel konumlama sistemi (GPS) üzerinden bilgilerin alınması ve traktörün belirlenen alan üzerinde gezinmesini sağlamak üzere mobil uygulama geliştirilmiştir. Oluşturulan akıllı traktör, topladığı GPS bilgileri doğrultusunda harita üzerinde belirtilen alanda kendisi gezinerek veya mobil uygulama üzerinden yönlendirilerek ilaçlama ve gübreleme yapılmasını sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hassas Tarım, Nesnelerin İnterneti, Akıllı Traktör

Abstract

Today, agricultural activities continue their development with technological innovations. The concept of precision agriculture emerges with the use of information and communication technologies by creating advanced systems in agriculture. IoT technologies, in which objects and sensors communicate with each other via the Internet, support the use of precision agriculture. It becomes possible to obtain more efficient results by increasing the effectiveness of the studies in the field of agriculture, and to obtain higher quality products with the speed and continuity of information exchange. It is possible to carry out the spraying and fertilization processes in the fields more quickly and effectively by using the automation system, with the Internet of Things devices. In this way, it can be ensured that the time, location and amount of spraying and fertilization are under control with electronic equipment. With the study, a smart tractor prototype with a tablet on which internet of things devices are used has been created. A mobile application was developed to receive information from the global positioning system (GPS) via the tablet on the prototype and to enable the tractor to navigate over the designated area. The created smart tractor provides spraying and fertilization by navigating the area specified on the map in line with the GPS information it collects, or by directing it via the mobile application.

Keywords: Precision Agriculture, Internet of Things, Smart Tractor

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Agricultural activities are strengthened and developed with the contributions of information technologies in today's rapidly advancing technology. The concept of Smart Agriculture has emerged with advanced systems created using computers, electronic devices such as sensors and Cloud Computing. Precision Agriculture has become more possible with the inclusion of the use of today's Internet of Things, IoT sensors. Technological infrastructures such as global positioning system (GPS), geographic information systems and remote sensing

systems have become more and more present in agricultural activities.

The technical organization in Precision Agriculture is realized by connecting wireless communication with the Internet. With wireless IoT devices, hard-to-reach agricultural lands can be accessed and information such as soil temperature, humidity, ambient temperature, plant colors, pest and harmful animal activities and similar information can be collected through sensors. The collected information can be stored on a central server with the contribution of Cloud Computing technologies

and then used in decision-making systems with the support of Artificial Intelligence applications. Artificial Intelligence is defined as a structure that can make decisions based on the information it learns by imitating human intelligence. With the inclusion of unmanned aerial vehicles (UAVs) in Precision Agriculture, it has become possible to deliver agricultural land data, including images, to Cloud Computing. Thus, by analyzing the data collected in Cloud Computing, necessary operations such as irrigation, fertilization and spraying can be performed remotely in agricultural areas. In addition to all these, Artificial Intelligence techniques are used to ensure that agricultural activities are carried out with minimum error. In this way, irrigation, fertilization and spraying operations are less erroneous, faster and thus more economical.

If the amount of pesticide or fertilizer to be transported is high and the spraying or fertilization time is long, it is preferred to spray with tractors. However, tractor spraying/fertilization, which depends on the farmer's driving ability or meticulousness, cannot be carried out with sufficient efficiency. One of the most important factors affecting inefficiency is the low accuracy of the dosage or type of pesticide that is suitable for the field conditions. However, it is thought that automated spraying-fertilization will be more efficient since the application of pesticides or fertilizers to the points determined by computer-controlled electronic equipment will be more accurate. According to this view, spraying-fertilization operations with computer-aided IoT technologies will increase efficiency and reduce processing time compared to manual operations.

There are many studies on Precision Agriculture in the literature. In the study by Balaska et al., activities that can be done on how to provide solutions to current threats to agriculture such as climate change, diseases and similar threats with the use of robotics and Artificial Intelligence are included [1]. In the study, it is stated that drones equipped with cameras can provide real-time data on crop health and potential threats by quickly inspecting agricultural areas, and more precise and accurate information about crop health can be provided with Machine Learning. Shaikh et al. describe the functions of Internet of Things devices, Machine Learning, sensors and Artificial Intelligence technologies in agriculture [2]. In this study, Artificial Neural Networks based optimization was performed to evaluate the nitrogen status of wheat crop. It is shown that the optimization approach can significantly distinguish wheat crop from undesirable plants.

In our study, we propose a fast and efficient fully automatic simultaneous spraying and fertilization method by the "Smart Tractor" that we designed according to the pesticide and fertilization maps determined by the Ministry of Agriculture and Livestock through Cloud Computing supported IoT devices.

Materials and Methods

In our study, a prototype with hardware and software elements was designed and a sample system capable of autonomously spraying and fertilizing agricultural lands with minimal need for human factors was produced.

An example Smart Tractor prototype for Precision Agriculture applications was designed using a tablet or mobile phone, IoT devices, sensors and communication modules as hardware. A battery-powered mini tractor was used for the tractor prototype that will perform agricultural spraying-fertilization. Distance sensors positioned at the front of the tractor are used to stop the vehicle in case of sudden obstacles. At the rear of the tractor, there are spray motors and sprinklers that can spray and fertilize at the same time. At the center of the system, there is an Arduino

Uno board that controls the software, a tablet with a map of the field and a GPS sensor. The steering wheel of the battery tractor, which can be moved manually, has been modified and controlled by a stepper motor. The foot-controlled gas and brake pedals are controlled by a relay using the output voltages of an Arduino Uno board used as a control card. The GPS sensor on the tablet is used for the location information of the tractor. The GPS information received from the tablet is transferred to the Arduino Uno board via wireless Bluetooth communication. The motor control circuit on the Arduino Uno board controls the stepper motor through a belt connected to the steering wheel to turn the steering wheel of the tractor.

In summary, the designed circuit includes stepper motor, motor control circuit, Arduino Uno, HC-05 Bluetooth module, HC-SR04 Distance sensor, 2 relay modules, a battery and a 5 volt battery. The battery supplies the energy of the motor control circuit and the stepper motor, while the battery supplies the Arduino Uno and the circuit elements connected to it and the motor that pushes the tractor at a constant speed.

A map provided by the Ministry of Agriculture and Forestry showing the need for pesticides and fertilizers for the field is loaded onto the tablet. According to the data from the GPS on the tablet, the tractor moves forward and turns on the spraying-fertilization engines in the areas where they are needed. In other words, the application on the tablet determines in which area the tractor should travel and activates the spraying-fertilization system on the tractor as it travels.

A mobile application has been developed for the proposed design. The location of the designed smart tractor on the map is determined by GPS supported open access mapping sites. It was planned to use differential GPS (DGPS) method to display and control the location of the tractor at centimeter level, but it could not be added to the prototype due to the high cost hardware requirement. Our mobile application determines the location on the tablet with Android operating system positioned on the Smart Tractor. In addition to the autonomous movement of the tractor in the field, it can be controlled wirelessly via Bluetooth connection via the mobile application. The tractor can be directed forward, backward, right and left on the mobile application screen. The tractor navigates in the selected area on the mobile application and in this process, agricultural spraying takes place with the spraying system on the tractor.

Results

In order to test the vehicle, which became a smart tractor with the equipment added to it, a test environment was created by receiving GPS signal with a tablet in an open area. An area where the tractor's wheels can move was preferred for the test environment. The location of the tractor was determined on the map with the mobile application running on the tablet. A command was given on the application by specifying the area where the tractor would travel to spray. The mobile application processed the information on the map and sent information to the control unit via Bluetooth and enabled the tractor to move forward, backward, left and right in the field. Meanwhile, the movements of the tractor were observed. Considering the advantages of the developed system, computer-controlled spraying and fertilization of the fields will make it more efficient to adjust the dosage of spraying and fertilization. At the same time, it will be ensured that the correct points are sprayed and fertilized efficiently with the process carried out at the locations specified via GPS. In addition, by recording the spraying and fertilization information on the cloud, it will be easier to keep an

inventory of spraying and fertilization in agricultural areas and to access the information instantly.

Discussion and Conclusion

In this study, a prototype has been developed for the automatical spraying and fertilization in the farmlands, by using latest IT technologies. The purpose of creating a prototype originates from the goal of moving the tractor with the help of custom developed software and IoT devices to carry out the spraying and fertilization, efficiently. In order to carry out the activities, the tablet on the smart tractor determines the location via a GPS and the movement of the tractor is guided by the spray and fertilizer information on the Ministry of Agriculture cloud servers. In

addition, after the smart tractor travels and performs the spraying and fertilization operations, the information of the treated area is sent to the cloud servers. Thus, it is ensured that the spraying and fertilization status of the fields on the cloud servers are updated, instantly. In addition, an application running on the Android operating system has been developed, allowing the location of the tractor to be determined. Thus, spraying and fertilizing by moving within the determined area has been made possible. It is also possible to remotely control the tractor by using the direction keys via the mobile application on a mobile phone.

1. Giriş

Tarımsal faaliyetler, teknolojinin hızla ilerlediği günümüzde bilişim teknolojilerinin katkılarıyla güçlenmekte ve gelişmektedir. Bilgisayarlar, algılayıcılar (sensörler) gibi elektronik cihazlar ve Bulut Bilişim kullanılarak oluşturulan gelişmiş sistemler ile de "Hassas Tarım (Smart Agriculture)" kavramı ortaya çıkmıştır. Günümüzdeki Nesnelerin İnterneti (Internet of Things, IoT) sensörlerinin kullanımının da dahil olmasıyla Hassas Tarım daha mümkün hale gelmiştir. Küresel konumlama sistemi (GPS), coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama sistemleri gibi teknolojik altyapılar kendilerini tarım faaliyetlerinde daha çok gösterir olmuştur. Böylece, Her An-Her Yerden-Herşeyin (Any Time- Any Place-Any Thing) çalıştığı otomasyon sistemleri (ubiquitous systems) tarım alanına da yanıtılarak Hassas Tarımın gelişmesi ivmelenmiştir. Hassas Tarım ile tarımsal aktiviteler ve işlemlerin verimliliğinin artırılabilceği görülmüştür [3-4].

Hassas Tarımda teknik organizasyon kablosuz iletişimin İnternet ile irtibatlandırılması ile gerçekleştirilmektedir. Kablosuz IoT cihazları ile ulaşılması zor tarım arazilerine ulaşım sağlanarak sensörler aracılığıyla toprak ısı, nemi, ortam sıcaklığı, bitki renkleri, haşare ve zararlı hayvan faaliyetleri ve benzeri bilgiler toplanabilmektedir. Toplanan bilgiler Bulut Bilişim teknolojilerinin de katkılarıyla merkezi bir sunucuda depolanarak daha sonra Yapay Zeka uygulamalarının da desteğiyle karar verme sistemlerinde kullanılabilir. Yapay Zeka, insan zekasını taklit ederek, öğrendiği bilgiler doğrultusunda karar verebilen bir yapı olarak tanımlanmaktadır. İnsansız hava araçlarının (İHA) da Hassas Tarıma dahil edilmesiyle tarım arazisi verilerinin görüntüleri dahil Bulut Bilişime ulaştırılması mümkün hale gelmiştir. Böylece, Bulut Bilişimde toplanan veriler analiz edilerek tarım alanlarında, gerekli olan sulama, gübreleme ve ilaçlama gibi işlemler uzaktan gerçekleştirilebilmektedir. Tüm bunlara ilaveten, Yapay Zeka teknikleri kullanılarak tarımsal faaliyetlerin en az hata ile gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde yapılan sulama, gübreleme ve ilaçlama işlemleri daha az hatalı, daha hızlı ve böylece daha ekonomik olmaktadır.

Tarım ürünleri birçok çevresel faktörden dolayı zarar görmektedir [5]. Tarımsal verimliliği düşüren bu faktörler çoğunlukla tabiat ilintili olmaktadır. Örneğin, tarım ürünlerinin zarar görmesinin başlıca nedenlerinden birisi böcek, solucanlar, diğer haşare, yaban domuzları ve kargalar gibi hayvanlarının neden olduğu saldırılardır [6]. Tarım ürünlerini bu gibi saldırılardan korumak için çiftçiler ilaçlama, sesle kovma gibi yöntemleri kullanmaktadırlar. İlaçlama işlemi birbirinden farklı ilaçlama sistemleri ile yapılmaktadır. Gelişen IoT teknolojileri ile ilaçlama işleminin İHA veya benzeri donanımlar ile uzaktan kontrol edilebilir bir şekilde yapılması mümkün hale gelmiştir [7-

9]. Taşınması gereken ilaç veya gübre miktarının fazla, ilaçlama veya gübreleme süresinin de uzun olması durumunda traktörler ile ilaçlama yapılması yoluna gidilmektedir. Ancak çiftçinin araç kullanma kabiliyeti veya titizliğine bağlı olan traktörlü ilaçlama/gübreleme yeterli verimlilikte yapılamamaktadır. Verimsizliğe etki eden en önemli faktörlerden biri de tarla koşullarına uygun olacak dozajda veya tipte ilacın doğru noktaya atılma isabetinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Oysa tarım ilacı veya gübrenin bilgisayar kontrollu elektronik donanımlar vasıtasıyla belirlenen noktalara uygulanması daha isabetli olacağından, otomasyonlu ilaçlama-gübrelemenin daha verimli olacağı düşünülmüştür. Bu görüşe göre, bilgisayar destekli IoT teknolojileri ile yapılan ilaçlama-gübreleme işlemleri, manuel olarak yapılan işlemlere oranla verimliliği arttıracak ve işlem süresini azaltacaktır.

Literatürde Hassas Tarım üzerine yurtdışı ve yurtiçi yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Özcan ve diğerlerinin yaptığı çalışmada, IoT cihazları ile süt sağımında miktarların ve sıcaklıkların kablosuz iletişimle sunucuya aktarıldığı, sonrasında mobil cihazlardan görüntülenebildiği bir sistem tasarlanmıştır [10]. Tasarlanan sistemde tarih aralıkları seçilerek sağım miktarları ve süt sıcaklıkları hakkında rapor alınabilmektedir. Hassas Tarımda kablosuz algılayıcı Ağların kullanımına yönelik bir çalışma da Dilay ve diğerleri tarafından yapılmıştır [11]. Başka bir çalışmada Kurt ve diğerleri tarımsal bir alanın sulanması ve gübrelenmesi için mobil bir uygulama ile uzaktan kontrol edilebilir bir IoT sistemi tasarlamışlardır [12]. Tasarlanan sistemde mobil uygulama üzerinden sistemin herhangi bir andaki durumu takip edilebilmekte ve e-posta vasıtasıyla bildirim yapılabilme özelliği bulunmaktadır. Comart ve diğerleri tarafından IoT teknolojisinin tarımsal alandaki uygulamaları hakkında bir literatür araştırması yapılmıştır [13]. Araştırmada, araştırma öncesine kadar yapılan IoT teknolojisinin kullanıldığı Hassas Tarım çalışmaları incelenmiştir. Emekli ve Topakçı tarafından yapılan çalışmada ise Hassas Tarım teknolojilerinin tarımsal sulama alanındaki kullanımları incelenmiştir [14]. Araştırmacılar genelde, daha etkin tarımsal üretim gerçekleştirilmesi için gelişen teknolojilerden yararlanılmaya çalışıldığını belirtmişlerdir. Balaska ve diğerlerinin yaptığı çalışmada, tarıma yönelik iklim değişikliği, hastalıklar ve benzeri mevcut tehditlerin, robot teknolojileri ve Yapay Zeka kullanımı ile nasıl çözüm sunulacağına ilişkin yapılabilecek faaliyetlere yer verilmiştir [1]. Çalışmada kameralarla donatılmış dronelerin tarım alanlarını hızlı şekilde inceleyerek ürün sağlığı ve potansiyel tehditler hakkında gerçek zamanlı veriler sağlayabileceği; Makina Öğrenimi ile de ürün sağlığı hakkında daha kesin ve doğru bilgiler sağlanabileceği belirtilmiştir. Shaikh ve diğerlerinin yaptığı çalışmada ise Nesnelerin İnterneti cihazları, Makina Öğrenimi, sensörler ve Yapay Zeka teknolojilerinin tarımdaki fonksiyonları

anlatılmaktadır [2]. Çalışmada, buğday mahsulündeki nitrojen durumunun değerlendirilmesi için Yapay Sinir Ağları tabanlı optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon yaklaşımı ile buğday mahsulünün istenmeyen bitkilerden önemli ölçüde ayırt edilebileceği gösterilmiştir. Qazi ve diğerleri de IoT teknolojileri ve Yapay Zeka tekniklerinin Akıllı Tarıma uygulamalarındaki gelişmeler hakkında ayrıntılı araştırma yapmışlardır [15]. Bu araştırmada, belirtilen iki teknolojinin uygulanmasındaki zorlukları incelenmiştir. Kadioğlu ve diğerleri kaliteli tohum üretimi için kuru fasulye türlerinin Yapay Zeka tabanlı sınıflandırılması ile ilgili çalışma yapmışlardır [16].

Bizim çalışmamızda ise Bulut Bilişim destekli IoT cihazları vasıtasıyla tarlaların Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının belirlediği ilaç ve gübreleme haritalarına göre tasarladığımız "Akıllı Traktör" tarafından hızlı ve verimli şekilde tam otomatik aynı anda ilaçlanması ve gübrelenmesi yöntemi önerilmektedir.

2. Kullanılan Donanım ve Tasarlanan Yazılım

Yaptığımız çalışmada donanım ve yazılım öğeleri bulunan bir prototip tasarlanarak, tarım arazilerinin insan faktörüne asgari ihtiyaçla otonom olarak ilaçlama ve gübreleme kabiliyetine sahip bir örnek sistem üretilmiştir.

2.1. Donanım yapısı

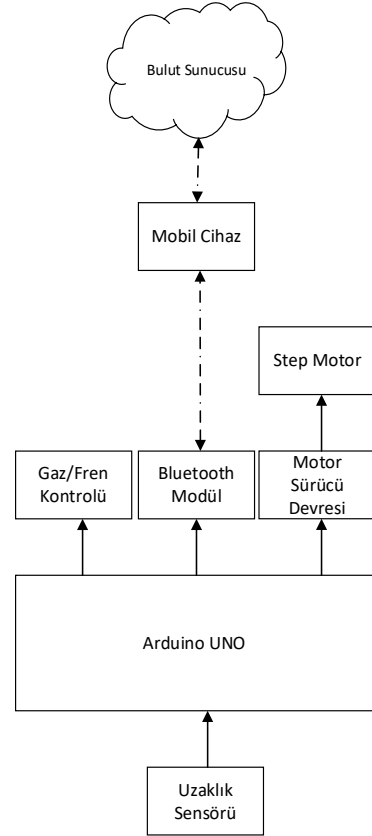
Donanım olarak tablet veya cep telefonu, IoT cihazları, algılayıcılar ve iletişim modülleri kullanılarak Hassas Tarım uygulamaları için örnek bir Akıllı Traktör prototipi tasarlanmıştır. Zirai ilaçlama-gübreleme yapacak traktör prototipi için Şekil 1'de gösterilen akülü bir mini traktör kullanılmıştır.



Şekil 1. Akıllı traktör.

Figure 1. Smart tractor.

Şekil 2'de, tasarlanan sistemin blok diyagramı gösterilmektedir. Traktörün ön kısmında bulunan uzaklık sensörleri ani karşılaşılabilecek engeller durumunda aracı durdurmak için kullanılmaktadır. Traktörün arka kısmında aynı anda ilaçlama ve gübreleme yapabilen püskürtme motor ve fiskeyeleri yer almaktadır.

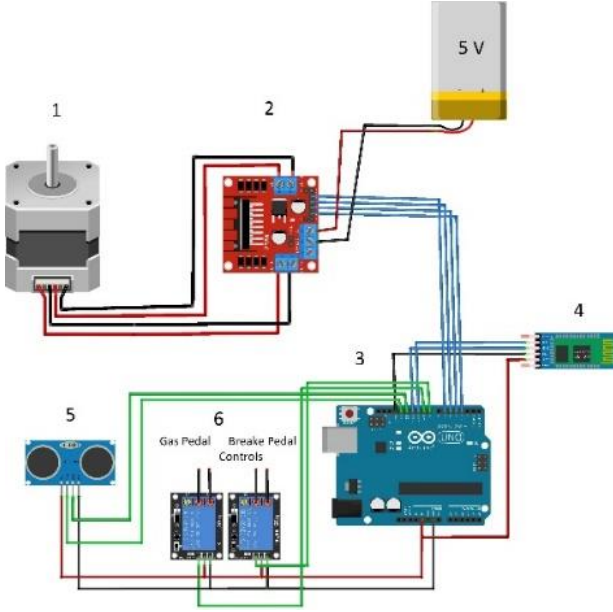


Şekil 2. Tasarlanan sistemin blok diyagramı.

Figure 2. Block diagram of the designed system.

Sistemin merkezinde yazılımları, tarlaya ait haritayı ve GPS sensörünü barındıran tablet ile kontrolü denetleyen Arduino Uno kartı bulunmaktadır. Akülü traktörün manuel olarak hareket ettirilebilen direksiyonu tadilat yapılarak, bir step motoru ile kumanda edilmektedir. Ayakla kumanda edilen gaz ve fren pedalları ise kontrol kartı olarak kullanılan bir adet Arduino Uno kartının çıkış voltajları kullanılarak röle ile kumanda edilmektedir. Traktörün konum bilgisi için tablet üzerindeki GPS sensörü kullanılmıştır. Tabletten alınan GPS bilgileri kablosuz Bluetooth iletişimi ile Arduino Uno kartına aktarılmaktadır. Arduino Uno üzerindeki motor kontrol devresi dümene bağlanmış bir kayış sayesinde step motoru kontrol ederek traktörün direksiyonunun döndürülmesini sağlamaktadır. Kullanılan donanımsal devre elemanları ve bağlantı şeması Şekil 3 de gösterilmektedir. Özetle, tasarlanan devrede step motor (1), motor kontrol devresi (2), Arduino Uno (3), HC-05 Bluetooth modülü (4), HC-SR04 Mesafe sensörü (5), 2 adet röle modülü (6), bir akü ve bir adet 5 voltluk pil bulunmaktadır. Pil, motor kontrol devresi ve step motorunun enerjisini beslerken, akü de Arduino Uno ve ona bağlı devre elemanları ile traktörü iten motorun sabit hızda ilerlemesini beslemektedir.

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından sağlanan, tarlaya ait ilaç ve gübre ihtiyacını gösteren harita tablete yüklenmektedir. Tablet üzerindeki GPS'den gelen verilere göre traktör ilerlemekte ve ilaçlama-gübreleme motorlarını ihtiyaç olan bölgelerde açmaktadır. Diğer bir deyişle, tablet üzerindeki uygulama, traktörün hangi alanda gezmesi gerektiği belirlemekte ve traktör gezerken üzerindeki ilaçlama-gübreleme sistemini çalıştırmaktadır.

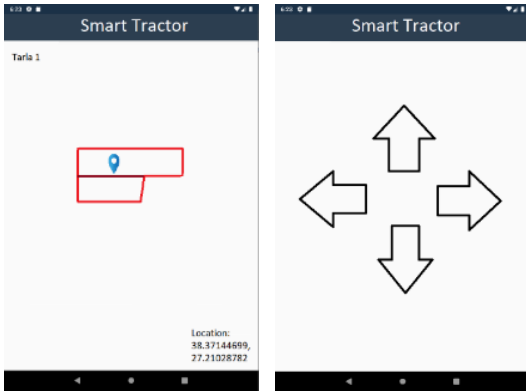


Şekil 3. Akıllı traktör kontrol ünitesi devre tasarımı.

Figure 3. Smart tractor control unit circuit design.

2.2. Tasarlanan yazılım

Önerilen tasarım için mobil uygulama geliştirilmiştir. Tasarlanan akıllı traktörün harita üzerindeki konumu GPS destekli açık erişimli haritalama siteleri ile belirlenmektedir. Traktörün santimetre seviyesinde lokasyonunun gösterilmesi ve kontrol edilebilmesi için diferansiyel GPS (DGPS) yönteminin kullanılması planlanmış ancak yüksek maliyetli donanım gereksiniminden dolayı protipe eklenememiştir. Akıllı Traktörün üzerine konumlandırılan Android işletim sistemine sahip tablette mobil uygulamamız konum belirlemesi yapmaktadır. Geliştirilen mobil uygulama Şekil 4 te gösterilmiştir. Traktörün otonom olarak tarlada gezinmesinin yanısıra, mobil uygulama üzerinden Bluetooth bağlantısı ile kablosuz olarak kontrol edilebilmektedir. Mobil uygulama ekranından traktörün ileri, geri, sağ ve sol gibi yönlendirilmesi yapılabilmektedir. Mobil uygulama üzerinde seçili alanda traktörün gezinmesi sağlanmakta ve bu süreçte traktör üzerinde bulunan ilaçlama sistemi ile zirai ilaçlama gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4. Akıllı traktör mobil uygulaması.

Figure 4. Smart tractor mobile application.

3. Bulgular

Üzerine eklenen donanımlar ile akıllı traktör haline gelen aracın test edilmesi için açık alanda tablet ile GPS sinyali alınarak test ortamı oluşturulmuştur. Test ortamı için traktörün

tekerleklerinin hareket edebileceği bir alan tercih edilmiştir. Tablet üzerinde çalıştırılan mobil uygulama ile traktörün konumu harita üzerinde tespit edilmiştir. Uygulama üzerinde, traktörün ilaçlama yapmak üzere gezeceği alan belirtilerek komut verilmiştir. Mobil uygulama, harita üzerindeki bilgileri işleyerek Bluetooth ile kontrol ünitesine bilgi göndermiş ve traktörün ileri, geri, sola ve sağa hareket ederek tarla içerisinde gezinmesini sağlamıştır. Bu sırada traktörün hareketleri gözlenmiştir. Geliştirilen sistemin avantajları düşünüldüğünde ise, tarlaların ilaçlama ve gübrelenmesinin bilgisayar kontrollü olarak yapılması, ilaçlama ve gübreleme dozajının ayarlanmasını daha verimli hale getirecektir. Aynı zamanda GPS üzerinden belirtilen konumlarda yapılan işlem ile doğru noktaların verimli bir şekilde ilaçlanması ve gübrelenmesi sağlanacaktır. İlaveten, yapılan ilaçlama ve gübreleme bilgilerinin bulut üzerine kaydedilmesi sayesinde, tarım alanlarında yapılan ilaçlama ve gübreleme hakkında envanter tutulması ve bilgilere anlık ulaşılması kolaylaşacaktır. Tasarlanan sistemin dezavantajları da bulunmaktadır. İlk olarak, önerdiğimiz sistemin kullanılması için kullanılan mevcut traktörlerde tadilat yapılması ve belirli elektronik donanımlara kavuşturulması gerekecektir. Özellikle traktörün kontrolünün sağlanması için direksiyon sisteminin üzerinde yapılacak değişiklik fazla olmasa da ek bir maliyet getirmektedir.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada, tarlalardaki ilaçlama ve gübreleme işlemlerinin bilişim teknolojileri kullanarak otomatik bir şekilde yapılması amacıyla bir prototip geliştirilmiştir. Gaz ve fren pedalı ile çalışan akülü traktör üzerine eklenen donanımlar ile akıllı traktör oluşturulmuştur. Akıllı traktörün kullanım amacı, geliştirilen yazılım ve kullanılan IoT cihazlarının yardımı ile traktörün hareket ettirilerek ilaçlama ve gübreleme işleminin gerçekleştirilmesini sağlamaktır. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için, akıllı traktör üzerinde bulunan tablet GPS aracılığıyla konumu tespit etmekte ve Tarım Bakanlığı bulut sunucularından alınan ilaçlanacak ve gübrelenecek yer bilgisi kullanılarak traktörün hareketi sağlanmaktadır. Ayrıca akıllı traktör tarla üzerinde gezerek ilaçlama ve gübreleme işlemini gerçekleştirdikten sonra, işlem yapılan bölgenin bilgisini yine bulut sunucularına göndermektedir. Böylece bulut sunucularında bilgileri kayıtlı tarlaların ilaçlama ve gübreleme durumlarının güncelliği sağlanmaktadır. Akıllı traktör prototipi hazırlanırken, IoT cihazları kullanılarak kontrol ünitesi geliştirilmiş ve traktörün mekanik çalışma sistemine entegre edilmiştir. Ayrıca Android işletim sistemi üzerinde çalışan uygulama geliştirilerek, traktörün konumunun tespit edilmesi ve belirlenen alan içerisinde hareket ederek ilaçlama ve gübreleme yapılması sağlanmıştır. Mobil uygulama üzerinden yön tuşları kullanılarak traktörün uzaktan kontrol edilmesi de mümkündür. İleriki çalışmalarda, büyük tarlaların aynı zamanda birden fazla traktör ve benzeri otonom cihazlar ile ilaçlama ve gübreleme yapılabilmesi amacıyla, cihazların birbirleri ile haberleşmesinin sağlanması, daha kısa sürede ve daha verimli bir şekilde ilaçlama ve gübreleme yapılması için yazılımın geliştirilmesi düşünülmektedir. Aynı zamanda, Yapay Zeka teknolojileri kullanılarak farklı Makina Öğrenimi algoritmalarının karşılaştırılması ile tarlaların ilaçlama ve gübreleme işleminin optimum seviyede gerçekleştirilmesini sağlayacak en uygun algoritmanın seçimi için gerekli çalışmalar yapılması planlanmaktadır.

Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur.

Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Sınıflandırılması. El-Cezeri, 9(4), 1450-1465. DOI : 10.31202/ecjse.1135807.

Teşekkür

Katkılarından dolayı Soner Öz, İlhan Gülsever, Büşra Çantaoglu ve Hasan Aydos'a teşekkür ederiz.

Yazar katkılarının beyanı

Hakan Dalkılıç: Analizlerin gerçekleştirilmesi, literatür taraması, yazım.

Mehmet Hilal Özcanhan: Fikir oluşturma, deney tasarımı, eleştirel inceleme.

Kaynaklar

- [1] Balaska, V., Adamidou, Z., Vryzas, Z., & Gasteratos, A. 2023. Sustainable Crop Protection via Robotics and Artificial Intelligence Solutions. *Machines*, 11(8), 774. DOI: 10.3390/machines11080774
- [2] Shaikh, T. A., Rasool, T., & Lone, F. R. 2022. Towards Leveraging the Role of Machine Learning and Artificial Intelligence in Precision Agriculture and Smart Farming. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198. DOI: 10.1016/j.compag.2022.107119
- [3] Türker, U., Akdemir, B., Topakçı, M., Tekin, B., Aydın, İ. Ü. A., Özoğul, G., Evrenosoğlu, M. 2015. Hassas Tarım Teknolojilerindeki Gelişmeler. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, 295-320.
- [4] Aydın, N. 2022. Tarım Sektöründe Bilgi Teknolojileri. *Balkan & Near Eastern Journal of Social Sciences (BNEJSS)*, 8.
- [5] Kadioğlu, Y. 2016. Çarşamba Ovası Örneğinde Ekstrem Hava Olaylarının Ziraat Faaliyetleri Üzerindeki Etkisine Dair Bir Değerlendirme. *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 13-14.
- [6] Meshram, A. T., Vanalkar, A. V., Kalambe, K. B., & Badar, A. M. 2022. Pesticide spraying robot for precision agriculture: A categorical literature review and future trends. *Journal of Field Robotics*, 39(2), 153-171. DOI: 10.1002/rob.22043
- [7] Özgüven, M. M., Altaş, Z., Güven, D., & Arif, Ç. A. M. 2022. Tarımda Drone Kullanımı ve Geleceği. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 12(1), 64-83.
- [8] Akkamaş, M., Çalışkan, S. 2020. İnsansız Hava Araçları ve Tarımsal Uygulamalarda Kullanımı. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 8-16.
- [9] Villi, O., & Yakar, M. 2022. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Sensör Tipleri. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(2), 73-100. DOI: 10.51534/tiha.1189263
- [10] Özcan, Y. A., Sarraj S., İstanbullu A. 2020. Hassas Tarım İçin Sağlık Uygulaması Geliştirilmesi, *Journal of Scientific, Technology and Engineering Research*, 1(2): 33-39. DOI: 10.5281/zenodo.4088516
- [11] Dilay, Y., Hakkı, S. O. Y., Bayrak, M. 2012. Hassas Tarımda Kablosuz Algılayıcı Ağların Kullanımı ve Uygulama Alanlarının İncelenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 2(2, Ek: A), 21-26.
- [12] Kurt, C., Yılmaztürk, İ., Okur, F., Menemen, A., Bahtiyar, B., & İplikçi, S. 2022. Nesnelerin İnterneti Tabanlı Tarımsal Sulama Otomasyon Sistemi Geliştirilmesi, *Fırat Üniversitesi Uzay ve Savunma Teknolojileri Dergisi*, 1(1), 149-153.
- [13] Comart, A., Oral, O., Çağlayan, N. 2018. Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Tarımsal Alandaki Uygulamaları. *International Refereed Journal of Engineering And Sciences*, 11. DOI: 10.17366/uhmfd.2018.2.3
- [14] Emekli, N. Y., Topakçı, M. 2009. Hassas Uygulamalı Tarım Teknolojilerinin Sulama Alanında Kullanımı. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(2), 9-17.
- [15] Qazi, S., Khawaja, B. A., & Farooq, Q. U. 2022. IoT-equipped and AI-enabled Next Generation Smart Agriculture: A Critical Review, Current Challenges and Future Trends. *IEEE Access*, 10, 21219-21235. DOI: 10.1109/ACCESS.2022.3152544.
- [16] Kadioğlu, U., Uçar, M. K., & Yıldırım, S. 2022. Tarımda Kaliteli Tohum Üretimi için Kuru Fasulye Türlerinin Yapay Zekâ Tabanlı