

Tarımda Ağaç İlaçlamanın Drone'larla Yapılmasında Yeni bir Yöntemin Geliştirilmesi ve Uygulanması

Mevlüt İNAN^{1*}, Ali KARCI²

¹Van Yüüncü Yıl University, Başkale Vocational School, Van / Turkey
(mevlutinan@yyu.edu.tr, Orcid:0000-0002-9840-8404)

²İnönü University, Department of Software Engineering, Malatya / Turkey
(ali.karci@inonu.edu.tr, Orcid:0000-0002-8489-8617)

Received Date: Apr. 26, 2021

Acceptance Date: May 6, 2021

Published Date: Jun. 01, 2021

Özetçe— Geçmişten günümüze insanların en çok enerji ve emek harcadığı alanlardan biri şüphesiz ki tarım ve çiftçilik olmuştur. Çiftçilerin büyük emekler harcadığı tarım alanlarında, günümüz teknolojilerin kullanılması, bu alanların zaman, enerji, maliyet açısından daha verimli bir hale getirilmesini sağlayacaktır. Drone'lar bu teknolojilerden biri olarak ön plana çıkmaktadır. Tarım üreticilerinin, gıda üretimi, üretkenliğin artırılması ve sürdürülebilirliğin öncelik haline getirilmesi için bu araçları kullanması, daha yüksek üretim ve sistematik tarım için kesin bir yöntem sağlayabilecektir. Tarım alanlarının ve bu alandaki mahsüllerin tüm gelişim ve bakım sürecini, dronlarının üzerinde yer alan akıllı sensörler, kullanılan açık kaynak teknolojileri, hızlı entegrasyon, daha fazla uçuş süresi, kullanım kolaylığı gibi parametreler ile daha cazip hale geleceği öngörülmektedir. Otonom drone'lar ise çiftçilik yapma şeklini kökünden değiştirecek -ancak bu düşündüğümüz ötesinde faydalar sağlayacaktır. Araştırmacılar, insan-makine etkileşimine doğru evrilen bu drone teknolojilerinin yapay zeka, derin öğrenme, makine tanıma, bilgisayarlı görme ve diğer birçok teknolojiyi içereceğini belirtmektedirler. Bu teknolojiler kullanılarak çiftçiler tarım ile ilgili tüm bu operasyonlarını, evlerinde veya iş yerlerinde veya herhangi bir ortamda bir bilgisayar, tablet, akıllı cep telefonu aracılığıyla bu araçları kontrol etmek için ve onu serbest bırakırken ne yaptıklarını izlemek için bu araçlarla arayüz oluşturabileceklerdir. Bu otonom drone'lar sayesinde önceden ilaçlanmış bir tarım alanının hiçbir insan müdahalesi olmadan planlanmış bir şekilde drone'lar tarafından otomatik ilaçlanması, gübrelenmesi, sulanması, haritalanması, sağlık durumlarının değerlendirilmesi ve daha birçok şey gelecekte çok daha rahat bir şekilde yapılabilecektir.

Anahtar Kelimeler : İHA, drone, grafik, isimsiz hava aracı, otonom rota, otonom rota planlaması, otonom yol planlaması, grafik rota planlaması, grafik yol planlaması, drone verimlilik algoritması, İHA otonom rota planlaması, İHA otonom yol planlaması, otonom yol planlamasına dayalı grafik

Development and Application of a New Method for Wood Spraying with Drones in Agriculture

Abstract— One of the areas where people spent the most energy and effort from the past to the present has undoubtedly been agriculture and farming. Using today's technologies in the agricultural areas where farmer spend a lot of effort makes these areas efficient in terms of time, energy and costs. The use of these tools by agricultural producers to produce food, increase productivity and prioritize sustainability could provide a definitive method for higher production and systematic agriculture. It is predicted that the entire development and maintenance process of agricultural areas and crops in this area will become more attractive with

parameters such as smart sensors on drones, open source technologies, fast integration, more flight time, ease of use. Autonomous drones, on the other hand, will fundamentally change the way we farm, but this will provide benefits beyond what we think. Researchers state that these drone technologies that evolve towards human-machine interaction will include artificial intelligence, deep learning, machine recognition, computer vision and many other technologies. Using these technologies, farmers will be able to interface with all these farming-related operations in their home or workplace or in any environment to control these tools via a computer, tablet, smart mobile phone and monitor what they do while releasing it. This article describes a modular and general system that provides autonomous route planning with the activity algorithm developed for the drone. In order to allow the system to perform autonomous decision-making, Kmax tree and basic cutting operation approach have been applied. Thanks to these autonomous drones, automatic disinfection, fertilization, irrigation, mapping, evaluation of health conditions and many other things will be done much more comfortably in the future by drones in a pre-sprayed agricultural field without any human intervention.

Keywords: UAV, drone, graph, unnamed aerial vehicle, autonomous route, autonomous route planing, autonomous path planing, graph route planning, graph path planning, drone efficiency algorithm, UAV autonomous route planning, UAV autonomous path planning, autonomous path planing based graph

1. GİRİŞ

Tarım odaklı üretim anlayışına sahip bir coğrafyada yaşıyoruz. Tarım alanlarının geniş bir vizyon ile verimli bir hale getirilmesi, ekonomik bir vizyona dönüşmesi, ülkelerin en çok ihtiyaç duyduğu konulardan biridir. Tarımda çeşitli faktörler, verimde değişikliğe sebep olmaktadır. Özellikle bitki örtüsü, toprak koşulları, alandaki topografyada farklı büyüme özelliklerine ve değişkenliğe sahip olan birden fazla tür, yağmur, sıcaklık, nem, hava koşulları gibi çeşitli çevresel koşulların yanı sıra biyolojik faktörlerin de önemi büyüktür. Bu faktörler mahsuller üzerindeki herhangi bir hastalık olabileceği gibi, zararlılar tarafından da gelebilmektedir. Biyolojik faktörleri ortadan kaldırmak için kullanılacak olan kimyasal ilaçların kullanımı [1,2,3], gübrelerin kullanım oranları [3,4], ürünün verimliliğini ve kalitesini çok fazla etkilemektedir.

Son yirmi yıldan bu yana bilgi teknolojileri ve sensörlerdeki gelişmelerle birlikte drone'ların profesyonel fotoğrafçılık/videografi [5], 3 boyutlu haritalama [6,7,8], sigorta tazminat talebi doğrulaması [9], alan gözetimi [10], hava ambulansı [11,12], paket teslimatı [13], yasadışı faaliyetlerin izlenmesi [14], ekipman denetimi ve izleme, altyapı denetimi ve izleme [15], demiryolu güvenliği [16] ormanların denetimi ve afet bölge tespiti [17] insan tarafından ulaşılması zor olan alanların doğru izlenmesi, büyük tarım çiftliklerinin mahsul verimlerinin gözetimi [10,18,19] ve daha birçok alanda kullanılmasını beraberinde getirmiştir. Gökyüzündeki bir gözün, verileri ve görüntüleri eyleme geçirilebilir bilgilere yorumlayabilen analitik araçlarla birleştirildiğinde sağladığı avantajlar yeni bir devrim başlattı. Günümüz drone'larının üzerinde yer alan akıllı sensörler, kullanılan açık kaynak teknolojileri, hızlı entegrasyon, daha fazla uçuş süresi, kullanım kolaylığı drone'ları daha cazip hale getirmiştir. Drone teknolojisinin neredeyse % 85'i esas olarak askeri amaçlı olarak kullanılmaktadır ve % 15'i sivil tarafından çeşitli özel uygulamalar için kullanılmaktadır.

Son zamanlarda yapılan çalışmalar, toplam tarımsal tüketimin 2010 - 2050 yılları arasında %69 oranında artacağını öngörmektedir. Bu artış büyük oranda, 2050 yılına kadar 7 milyardan 9 milyara çıkacak olan nüfustan kaynaklanacağı düşünülmektedir. Artan talebi karşılamak için tarım sektörü, gıda üretim yöntemlerinde köklü değişiklikler yapmak ve çok daha üretken hale gelmek zorundadır. Tarımsal üretimi artırmak için ya üretim alanında, ya da birim alandan sağlanan ürün miktarında artışa gidilmelidir. Tarımsal üretim alanını arttırmak toprak kırsı nedeniyle pek mümkün görülmemektedir. Bu nedenle birim alandan alınan ürün miktarını artırıcı teknik ve teknolojiler önem taşımaktadır. Bitkisel üretimde bugüne kadar en çok ve yaygın olarak kullanılan etkili bir mücadele uygulaması zirai ilaçlardır[1,2,3]. Dünyada her yıl yaklaşık 2,5 milyon ton pestisit(zirai ilaç) kullanıldığı tahmin edilirken, her yıl bu miktarın giderek arttığı söylenmektedir[21]. Kullanılan teknolojilerin türü

nedeniyle pestisitlerin çoğu püskürtme işlemi sırasında israf edildiği söylenmektedir. Zorlu arazi şartlarından dolayı araçların ve insanların bu tarım alanlarına giremediği, tarımsal araçların tükettikleri yakıtların maliyetleri ve oluşturmuş olduğu çevresel zararlar, insan işgücüne dayalı ilaçlamalarda ağaçların her bir tacına eşit oranda ilacın püskürtülememesi ve ilaçlamanın saatlerce /günlerce sürmesinden dolayı ağaçların ilaçlanma sürelerinin artması ve ayrıca ilaçlamayı yapan kişilerde oluşabilecek ciddi sağlık sorunların oluşması gibi birçok problem bulunmaktadır. Dünya genelinde tahmin edilemeyen hava olaylarının sayısındaki artıştan dolayı iklim değişikliği gibi diğer engeller de ürün yetiştirmeyi zorlaştırmaktadır. Drone'lar toprağı tarayıp doğru miktarda sıvı püskürtmek için mahsullerle arasına doğru bir mesafe koyarak, püskürtme yapılacak alanın kapsamını belirlemek için püskürtmeyi gerçek zamanlı olarak ayarlayabilme yetisine sahip olacaktır. Böylece, toprak suyuna karışan fazla kimyasal miktarı azalma ve püskürtme etkinliğinde ise artma gözlemlenecektir. Uzmanlar havadan püskürtmenin traktör gibi geleneksel makineler göre beş kat daha hızlı yapılabildiğini belirtmektedirler.

Drone'lar, tarım alanlarının analiz(toprak ve tarla analizi) edilmesi, zaman tasarrufu, üretimi daha verimli hale getirmeyi, doğru uçuş deseni için rota planlama [20], bitkilerin sağlık durumunun izlenmesi [18,19] gibi birçok avantajı da beraberinde getirecektir. Bu avantajlar çiftçilerin ürünlerinin durumunu anlık görebilmesine, kaynakları optimum şekilde kullanmasına, verim artışına, girdi maliyet yönetimi daha rahat izlenmesini sağlayacaktır. Gelecek vaat eden alanlar arasında, akıllı drone'ların önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir. Dünyada akıllı tarım teknolojilerinin etkin kullanımı ile özellikle Çin, Japonya, ABD gibi gelişmiş ülkelerde bu alanda birçok ürün piyasada çok sayıda yer bulmuştur. Son birkaç yıldır ülkemizde insan kontrollü drone'lar ile ilaçlama için çok farklı çalışmalar ve projeler yapılmış olsa da ürün ve çalışmalar hala arzu edilen düzeyde değildir.

2. ÖN ÇALIŞMALAR

2.1. Drone Yazılım Mimarisi

Drone yazılımı üç ana omurga üzerinde idame ettirilir. Bunlar sistem yazılımı, kullanıcı yazılımı ve bulut tabanlı bir kontrol platformudur.



Şekil 1. Drone Yazılım Mimarisi

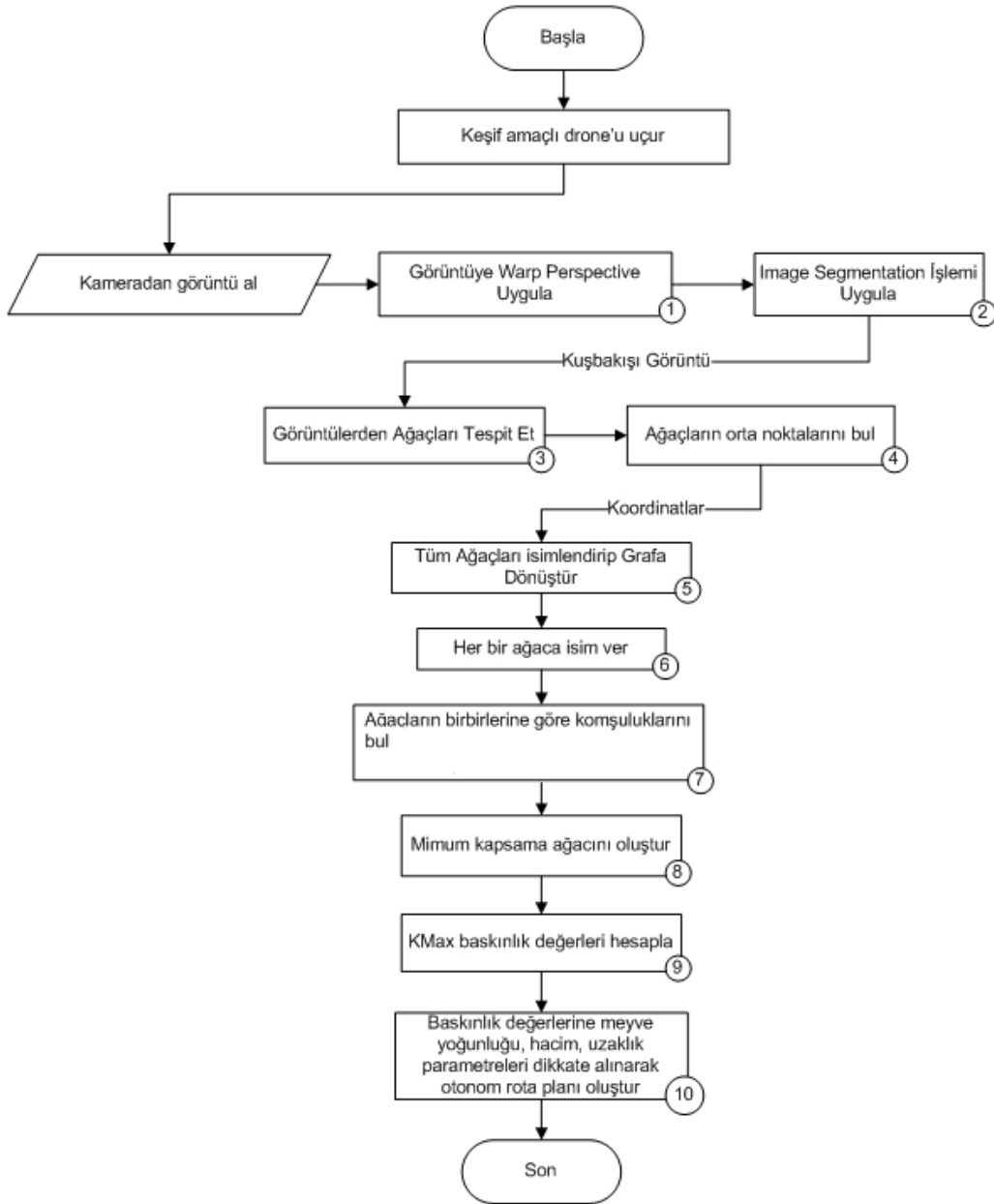
- **Gömülü yazılım**, CPU olarak çalışır, donanımı yönetir, drone telemetrisini izler ve drone sensörlerinden (GPS, termal sensörler, kızılötesi ve lidar kameralar, ultrasonik ve görüş sensörleri ve daha fazlası) alınan verileri kısmen analiz eder.
- **İşletim sistemi**, kullanıcıların ürün yazılımı bölümünü çalıştırmasına izin verir.
- **Web ve bulut ara yüzleri**, işletim sistemine uzaktan drone kontrol sistemlerinden (kullanıcı uygulamaları ve bulut kontrol istasyonları) erişmeye ve toplanan verileri gömülü yazılımdan buluta veya mobil cihazlara aktarmaya izin verir.

Bulut tabanlı kontrol platformu veri işleme, depolama ve analiz işlemleri için kullanılır. Aynı zamanda bir drone'nun otonom tepki eylemlerini de sağlar. Bulut bölümü, örneğin 3 boyutlu harita oluşturma, bilgisayarla görme, görüntü tanıma gibi karmaşık süreçler söz konusu olduğunda kullanımı bir zorunluluktur. Bulut tabanlı kontrol platformu şunları barındırır:

- Akış veri işlemcisi.
- Ham veri ve büyük veri ambarı.
- Veri analizi ve makine öğrenimi.
- Drone kontrol modülü.
- Drone ile iletişim kurmak için arayüzler.

Kullanıcı yazılımı, web ve mobil kullanıcı uygulamalarının arayüz, admin kısımlarını kapsar. Kullanıcıların uçuşları planlamasına ve gerçekleştirmesine ve ayrıca bir drone'dan kullanıcılara verileri görüntülemesine yardımcı olurlar. Kullanıcı yazılımı ayrıca bulut ve drone ile iletişim için arayüzler içerir. Birbirleriyle iletişim kurmak için, MAVlink ve ROSlink gibi özel protokoller kullanılır

2.2. Akış Şeması



Şekil 2. Drone'a ait akış şeması

2.3. Drone ile ilgili Genel Bilgiler

Tarımsal ilaçlama için geliştirilen drone'a ait genel bilgiler aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 1: Geliştirilen drone'a ait genel özellikler

Parametre	Değer
Drone türü	8 motorlu
Maximum ilaç ağırlığı	16 litre
Sprey akışı	1-5l/dakika
Çalışma sıcaklığı	Min : -10C Max : +40C
Sprey yayma genişliği	4-6m
1 adet ESC/Motor/Pervane ağırlığı	1.040kg
Çerçeve ağırlığı	3.42kg
Uçuş kontrolör ağırlığı	120gr
Bataryasız ağırlık	17,29kg
İlaçsız bataryalı ağırlık(2 batarya 22000mAh)	22.89kg
İlaçlı(16kg) uçuş ağırlığı(2 batarya dahil)	38,89kg
Maksimum etkili kalkış ağırlığı	44kg
Batarya ağırlığı(22000mAh)	2.8kg
Meme(Nozul) tipi	Yüksek basınçlı fan memesi
Uçuş süresi(2 batarya ile)	İlaçlı : 25dk İlaçsız : 40dk
Uçuş hızı	Min:1m/s, Max:12m/s
Drone ile ağaç arasındaki yükseklik :	2m-4m(4m-6m genişliğe ilaç yayılır.)
Engelden kaçınma aralığı	1-20m
İlaçlı maksimum uçuş süresince ilaçlayacağı alan(28dk)	8000-10000m ² (8-10 dönüm)
İnsan gücüyle Manuel ilaçlama(6000m ²)	8 saat

2.4. Drone'a ait parçaların ağırlıkları

İlaçlama için geliştirilen drone'a ait ağırlık bilgileri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 2: Geliştirilen drone'a ait genel özellikler

Ürün	Ağırlığı
1 adet CUAUV V5+ Flight Control (GPS Modüllü)	120gr
1 adet Hobbywing XRotor PRO X8 motor+ 80A ESC + 30 inç katlanabilir karbon fiber pervaneler	1040gr X 8 = 8.32kg
22000 Mah 6S	3200gr X 2 = 6.4kg
Koaksiyel 1100mm Karbon Fiber Çerçeve	2.460kg
433Mhz Telemetry Modülü (Alıcı - Verici)	6gr
16lt Tarım Drone Tankı	1.8kg
Fırçasız Su Pompası + ESC(Boş)	1.4kg
Fiskiyeler + Nozullar + Hortum	520gr X 4 = 2.08kg
Sıvı Akış Sensörü	30gr
Lazer Modülü	40gr
40m Menzilli Lidar Modülü	65gr
Gerçek 1080P Drone Kamerası	110gr
VTX Alıcı Verici Kit (Uzun Menzil Modifiye Antenli)	21gr
Pervane Balans Aleti	70gr
Jetson Nano Yapay Zeka Bilgisayarı - 4GB	140gr
GSM Shield	66gr
Yüksek Akım Güç Dağıtım Panosu	326gr

3. ÖNERİLEN ALGORİTMA VE METHOD

Drone için otonom rota planlaması yapacak algoritma Python dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Drone'dan alınan görüntüler Python ortamına dahil edilerek OpenCV kütüphanesi yardımıyla Warp Perspective işlemi uygulanmıştır. Bu işlemin sonunda perspektif görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntüler üst üste bindirilerek(segmente edilerek) ağaçların tespiti, Python ortamına dahil edilen DeepForest kütüphanesi yardımıyla sağlanmıştır[22]. DeepForest kütüphanesi ResNet 50 evrişimli sinir ağı(CNN) kullanır. Elde edilen ağaç skorlarına göre ağaçların bulunduğu yerler dikdörtgen bir alan içine alınarak(OpenCV ile) orta nokta tespitleri yapılmıştır. Orta noktaları tespit edilmiş ağaçlara bir isimlendirme verilerek, ağaçların birbirlerine göre komşulukları tespit edilmiştir. Sonrasında bunlar bir grafa dönüştürülmüştür. Bu işlem Python'da python-igraph kütüphanesi kullanılarak yapılmıştır. Tespit edilen komşuluklara göre bu ağaçların kapsama ağacı(spanning tree) oluşturularak bu algoritmaya parametre olarak verilip ağacın (Kmax) baskınlık değerleri[23] tespit edilmiştir. Bu baskınlık değerine göre optimum bir rota planlaması çıkarılarak drone'a hangi ağaçtan başlayıp, sırasıyla hangi ağaçlar üzerinden gezinti yapılacağına karar vermesi sağlanmıştır. Tabii bu kararlar verilirken, tüm sensörlerden anlık veriler alınıp bir engel olup olmadığı, hangi ağaç üzerinde olduğuna dair konum bilgisi, pil yüzdesi, beklenmeyen hava koşulları da dikkate alınarak bu otonom hareket sağlanması konuları üzerine çalışmalarımız devam etmektedir.

Aşağıda verilen özet durumda da görüleceği gibi otonom ağaç ilaçlama için dünyada uygulanan yöntemler sırasıyla şu şekildedir.

1. Keşif drone'nundan alınan görüntülere imge işleme (resim işleme) uygulanarak kuşbakışı görüntü elde edilmektedir.
2. Bu görüntüler imge bölütleme (üst üste resimlerin bindirilmesi) yapılarak drone'nun taradığı tüm alanlar birleştirilir.
3. Birleştirilen görüntülere derin öğrenme algoritması uygulanarak görüntüden ağaç yapısının tanınması sağlanır.

Tanınan ağaçlar ise ya bir sıra gözetilerek ardışıl ilaçlama yapılmakta yada sıra gözetilmeden rastgele ilaçlama yapılmaktadır. Aşağıda verilen tüm adımlar ise bu geliştirilecek algoritmamız için yeni eklenen kısımlardır.

4. Yukarıda verilmiş 3 adım uygulanarak tanınan her bir ağacın orta koordinatları bulunur.
5. Orta noktaları göre her bir ağaç bir düğüm olarak ele alınıp graf yapısına dönüşümü sağlanır.
6. Her düğüme bir isimlendirme verilir.
7. Ağaçların birbirlerine göre komşulukları bulunarak, komşuluk matrisleri çıkarılır.
8. Oluşan grafın kapsama ağacı(spanning tree) bulunur.
9. Kapsama ağacı bulunan grafa, geliştirilen Kmax etkinlik algoritması[23] uygulanarak ağaçlara ait baskınlık değerinin bulunması sağlanır.
10. Bulunan bu baskınlık değerlerine ağaçlar arası uzaklık parametresi dikkate alınarak etkin ve verimli bir otonom bir yol haritası oluşturulur.

3.1. Drone'dan görüntü aktarımı

Drone ile çekilmiş kuşbakışı görüntüden alınan görüntü sağ tarafta belirtilmiştir. Python programı ile yazılmış bir program ile alınacak kesite dair işlemler aşağıda listelenmiştir.

**Görüntünün
yüklenmesi**

1

**Koordinatların
alınması**

3

Nokta seçimi

Kesit alınacak 4 dört nokta seçilirken ilk yapılması gereken başlangıç noktasından başlayıp sonrasında yatay, dikey ve çapraz nokta karşılıklarının alınması gerekmektedir.

2

Şekil 3. Alınan görüntüden kesit alma adımları



Şekil 4. Malatya/Hekimhan'dan alınan kuşbakışı drone görüntüsü

3.2. Kuşbakışı görüntü ve dönüşümü

Tarım alanı içerisinde kesit alınacak nokta seçimleri yapıldıktan sonra görüntünün kırılması ve elde edilen kuşbakışı görüntüye Warp Perspective işlemi uygulanması gerekmektedir. Perspektif Dönüşümde, gerekli bilgiler hakkında daha iyi iç görüler elde etmek için belirli bir görüntünün veya videonun perspektifini değiştirilebilmektedir. Perspektif Dönüşümde perspektifi değiştirerek görüntü üzerinde bilgi toplamak istenildiği noktaların sağlanması gerekir. Ayrıca resim görüntülemek istenilen noktaların da sağlanması gerekir. Ardından, verilen iki nokta kümesinden perspektif dönüşümü elde edilir ve onu orijinal görüntü ile sarılır.



Şekil 5. Görüntüden alınan seçili bir kesit



Şekil 6. Görüntüye Warp Perspective uygulanmış hali

3.3. Ağaç Tanıma İşlemi

Görüntülerde ağaç taçlarını tahmin etmek için yarı denetimli öğrenme sinir ağlarını kullanan **DeepForest** geniş mekansal ölçeklerde RGB ağaç tespiti yapmaktadır. DeepForest, havadan RGB görüntülerinden bireysel ağaç taçlarını eğitmek ve tahmin etmek için bir Python Paketidir. DeepForest, Ulusal Ekolojik Gözlem Ağı'ndan alınan verilerle eğitilmiş önceden oluşturulmuş bir modelle birlikte gelir. Kullanıcılar, önceden oluşturulmuş modelden başlayarak özel modele açıklama ekleyerek ve eğiterek bu modeli genişletebilir. Ağaç tespiti yapıldıktan sonra o kesit içerisinde bulunan ağaçlara ait xmin, xmax, ymin, ymax, score, label etiketleriyle beraber bir veri üretilir.

Derin öğrenme algoritması ResNet50 1	score_threshold 0.05 2
batch_size 1 3	epochs 1 4
Weights None 5	multi_gpu 1 6

Şekil 7. Ağaç tanıma için CNN'e verilen parametreler



Şekil 8. Tanınan ağaçların dikdörtgen alanlar içine alınması

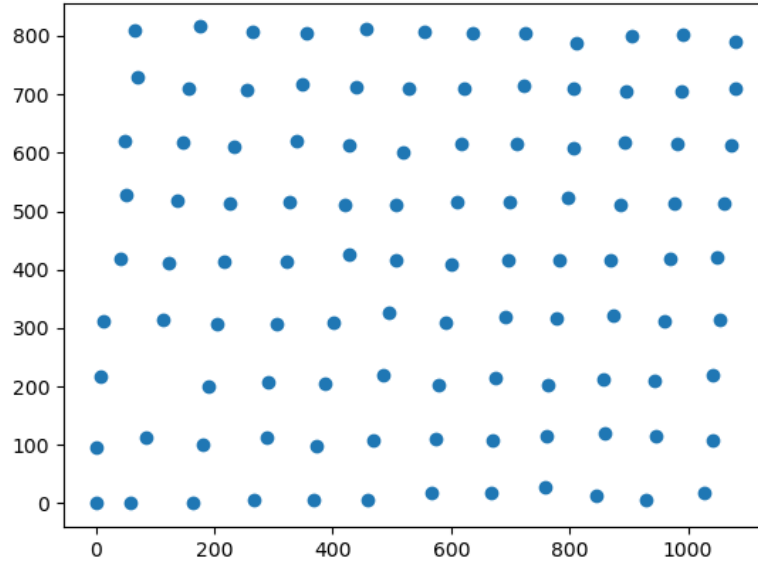
xmin	ymin	xmax	ymax	score	label	ortax	ortay
290	207	374	290	0,81	Tree	332	248
190	201	274	292	0,8	Tree	232	246
578	203	653	281	0,79	Tree	615	242
617	616	689	689	0,78	Tree	653	652
895	705	967	778	0,78	Tree	931	741
905	799	980	875	0,78	Tree	942	837
763	203	839	282	0,77	Tree	801	242
322	415	400	487	0,76	Tree	361	451
725	805	807	884	0,76	Tree	766	844
338	621	411	700	0,76	Tree	374	660
218	414	298	494	0,75	Tree	258	454
355	805	438	887	0,75	Tree	396	846
368	5	433	75	0,75	Tree	400	40
180	101	263	183	0,75	Tree	221	142
457	813	544	890	0,75	Tree	500	851
206	308	281	388	0,74	Tree	243	348
373	99	458	187	0,74	Tree	415	143
164	0	239	77	0,74	Tree	201	38
675	215	747	289	0,74	Tree	711	252
124	411	195	491	0,74	Tree	159	451
930	7	995	73	0,73	Tree	962	40
305	308	371	383	0,73	Tree	338	345
386	206	472	293	0,73	Tree	429	249
468	109	538	184	0,73	Tree	503	146
669	108	737	180	0,72	Tree	703	144
858	213	934	289	0,72	Tree	896	251

Şekil 9. Tanınan Ağaçlara ait score ve koordinat bilgileri

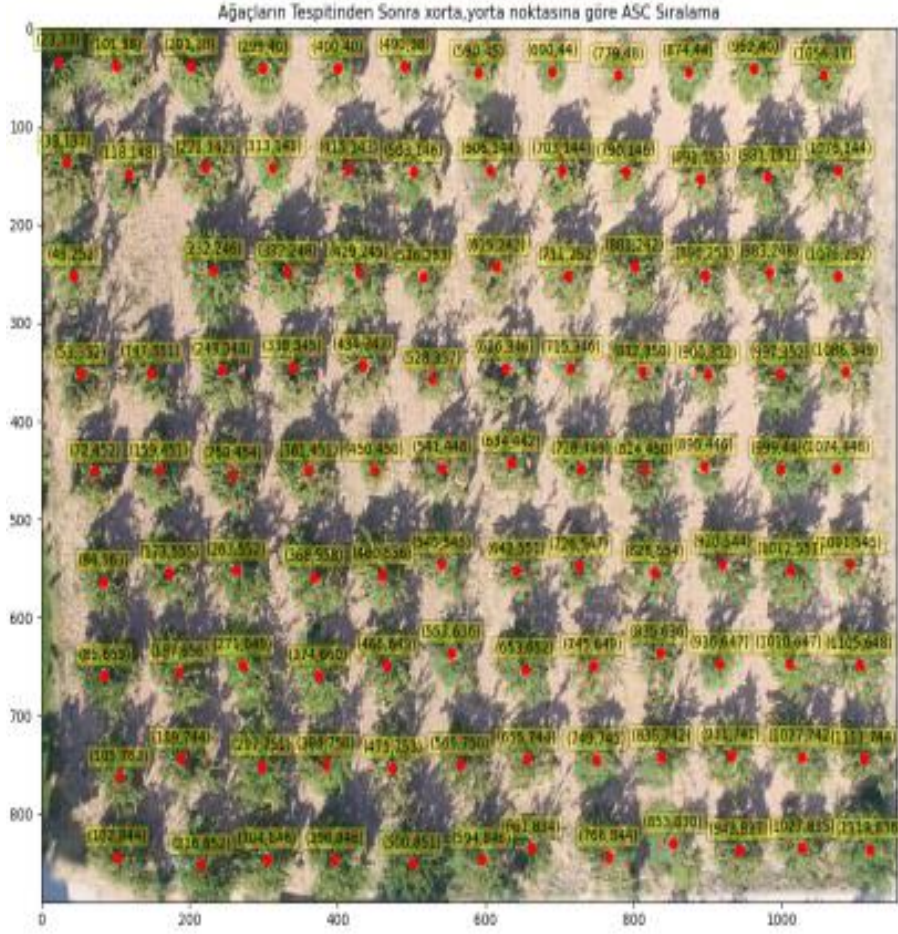
3.4. İsimlendirmenin Yapılması

Tespit edilen ağaçların sağ tarafta noktasal olarak görünüşleri verilmiştir. Her bir ağacı bir düğüm olarak düşünürsek isimlendirmeyi iki türlü şekilde yapabiliriz. Biz bu çalışmamızda satır bazlı isimlendirme yaptık. İsimlendirmeyi yaparken öncelikle (ortax,ortay) değerlerini alarak öncelikle tüm koordinatları ortay değerlerine göre artan bir şekilde(ASC), sonrasında da her bir satırdaki sütun sayısı kadar(12) elemanı alıp ortax değerlerine göre artan bir şekilde(ASC) sıraladığımızda her bir satırın sıralı bir şekilde isimlendirilmesini sağlamış oluruz.

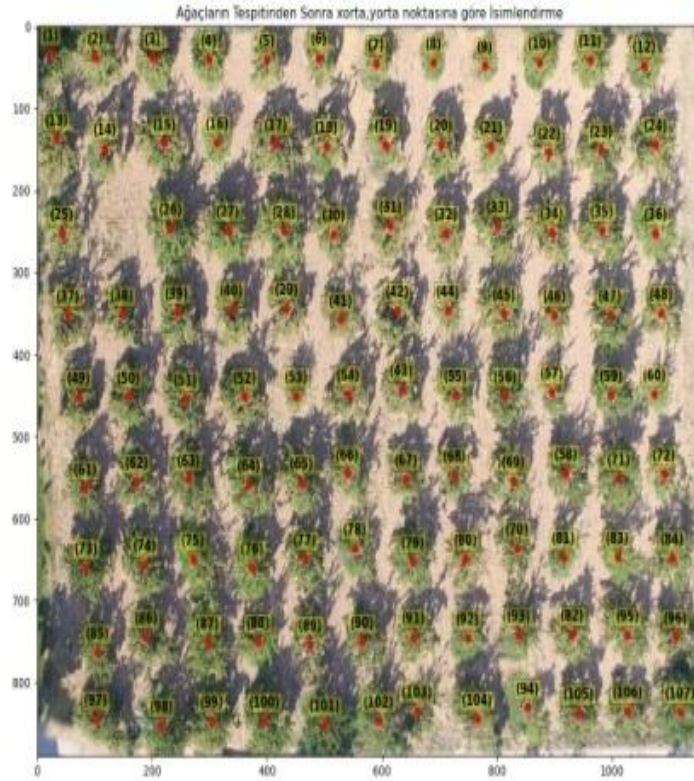
Ağaçların Tespitinden Sonra **ortax,ortay** noktasına göre ASC Sıralama



Şekil 10. Ağaç tespitinden sonra ortax,ortay noktalarına göre küçükten büyüğe ağaçların koordinat düzleminde gösterimi



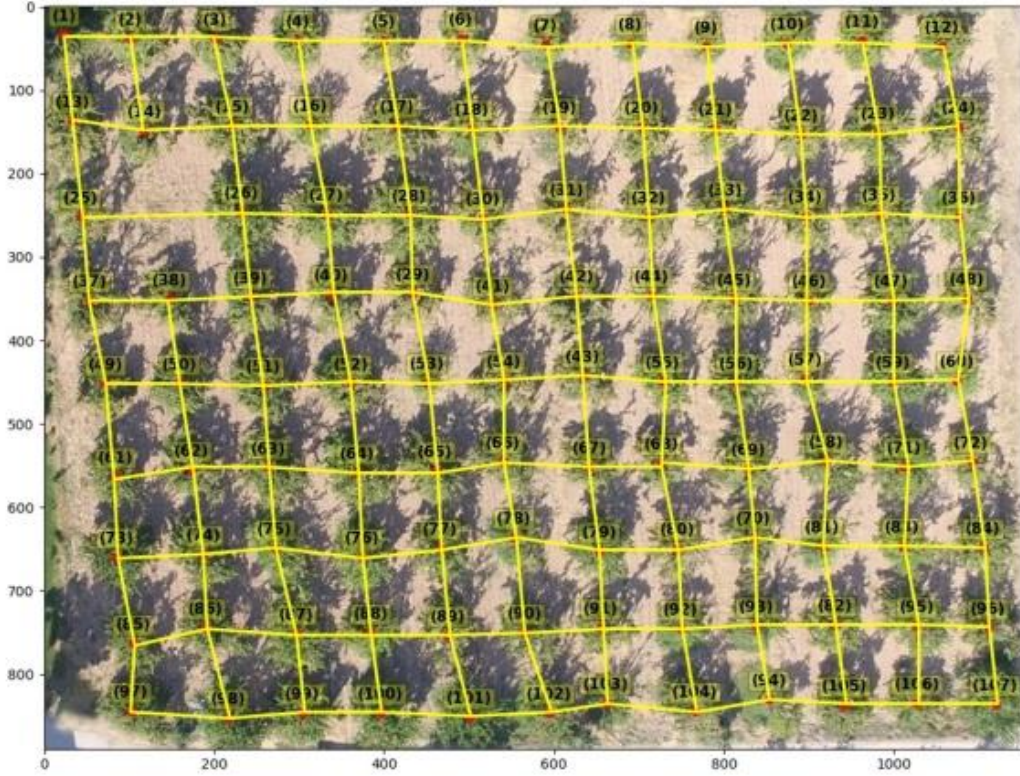
Şekil 11. Ağaç tespitinden sonra ortax,ortay noktalarına göre küçükten büyüğe ağaçların ağaçlar üzerinden gösterimi



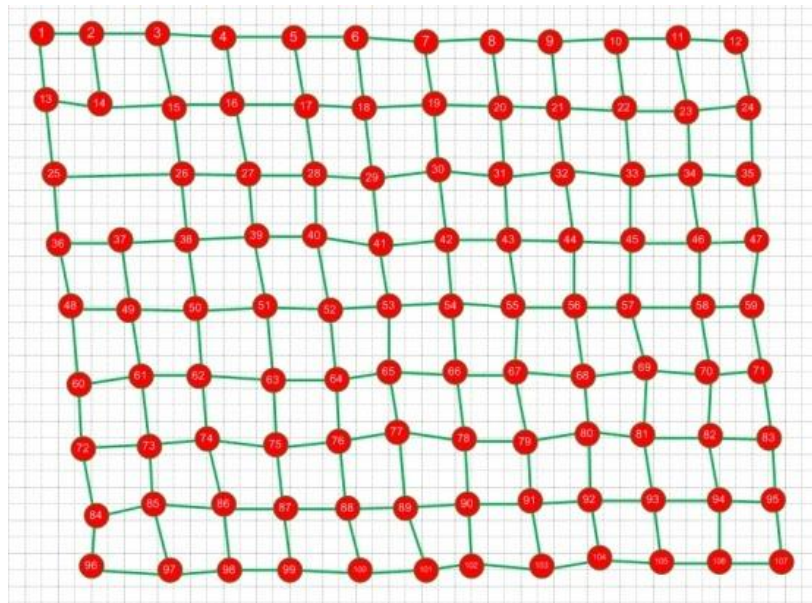
Şekil 12. Ağaç tespitinden sonra ortax,ortay noktalarına göre ağaçlar üzerinden gösterim

3.5. Komşuluk Tespitinin Sağlanması

Komşuluklar hesaplanırken verilen numaralandırmaya göre satır-satır tarama yaparak son düğüme kadar bu işlem gerçekleştirilir. Bunu yaparken dikdörtgen kare içerisinde kalan her bir ağacın kapsamı/kapsanmadığı kontrolü yapılır. Her bir düğümün yatay komşuluğuna bakarken dikdörtgen alandaki y koordinatları diğer düğümdeki y koordinatları içerisinde yer alan bir nokta kümesi var mı diye bakılır. Her bir düğümün dikey komşuluğuna bakarken dikdörtgen alandaki x koordinatları diğer düğümdeki x koordinatları içerisinde yer alan bir nokta kümesi var mı diye bakılır.



Şekil 13. Ağaçların birbirine göre komşulukları(ağaç üzerinden)



Şekil 14. Ağaçların birbirine göre komşulukları(koordinat düzlemi üzerinden)

3.6 Kmax Ağacı ve Temel Kesme İşlemleri

Algoritma 1[23], Kmax ağacının inşası için kullanılabilir. Algoritma 1'in Kmax ağacını inşa etme fikri, maksimum derecedeki düğümün kök veya maksimum dereceli düğümlerden birinin ağacın kökü olmasıdır. Daha sonra kök komşularını Kmax ağacına ekliyoruz. Önce maksimum dereceye (genişletilebilir derece) sahip kök alt ögesi genişletilir. Bu süreç, tüm düğümler ağaca eklenene kadar devam eder. Böylece, verilen grafik için yayılan ağaç elde edilir ve grafik için özel bir kapsayan ağaç oluşturulur. Şekil 15, Şekil 16'de Kmax ağacını oluşturulması ve ağaçlarda baskınlıklarının bulunabilmesi yapılan kesmeleri gösteren Algoritma 1 ve Algoritma 2'ye ait sözde kod verilmiştir.

```
Algorithm 1: Construction of Kmax Tree
Kmax_Tree(A,AT,D)
1. Q←∅
2. r←max(D) // D is degree matrix
3. T=(V,E1) and E1←∅
4. i←1,..., |V|
5.   j←1,..., |V|
6.     AT(i,j)←0
7. EnQueue(Q,r)
8. Q2←∅
9. for i←1,..., |N(r)|
10.  EnQueue(Q2,vi), vi∈N(r)
11.  if AT(r,s)=0 then
12.    AT(r,s)=1, AT(s,r)=1
13.    EnQueue(Q2,s)
14. while Q2≠∅
15.   v←DeQueue_Max(Q2,A,AT)
16.   EnQueue(Q,v)
17.   for i←1,..., |N(v)|
18.     if not(vi∈Q2) and vi∈N(v)
19.       EnQueue(Q2,vi)
20.       AT(v,vi)=1, AT(vi,v)=1
21.   Remove_Zero(Q2,A,AT)
```

Şekil 15. Kmax Tree Pseudo Kod[23]

Algoritma 2[23], Kmax Ağacı kullanılarak baskın düğümlerin belirlemek için kullanılabilir.

```
Algorithm 2: Construction of Fundamental Cut-Sets
1. Assume e=(u,v)
2. Q2←∅
3. EnQueue(Q2,u)
4. while Q2≠∅
5.   u←DeQueue(Q2)
6.   EnQueue(Q,u)
7.   for i←1,...,n //number of nodes in G=(V,E)
8.     if AT(u,i)=1 and i≠v
9.       EnQueue(Q2,i)
10. while Q≠∅
11.   u←DeQueue(Q)
12.   for i←1,...,n // n is the number of nodes in G=(V,E)
13.     if A(u,i)=1 and i∉Q
14.       C(u,k)=B(u,k) // k illustrates the edge e=(u,i)
```

Şekil 16. Fundamental Cut-Set[23]

4. SİMÜLASYON

Bu örnek çalışma Intel(R) Core(TM) i7 4700MQ CPU @ 2.40GHz 8 GB RAM 4GB NVIDIA GeForce GT 755M Ekran Kartı Windows 7 x64 işletim sistemine sahip bir bilgisayar üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Şekil 17’da verilen görüntü 12x9 düğümlü bir tarımsal arazi üzerinde bulunan ağaçları temsil etmektedir. Bu örnek simülasyonda aşağıdaki görüntüde 15 düğümlü bir kesite ait(Şekil 18) en etkin ağacın bulunmasına yönelik yapılacak işlemler izah edilecektir.

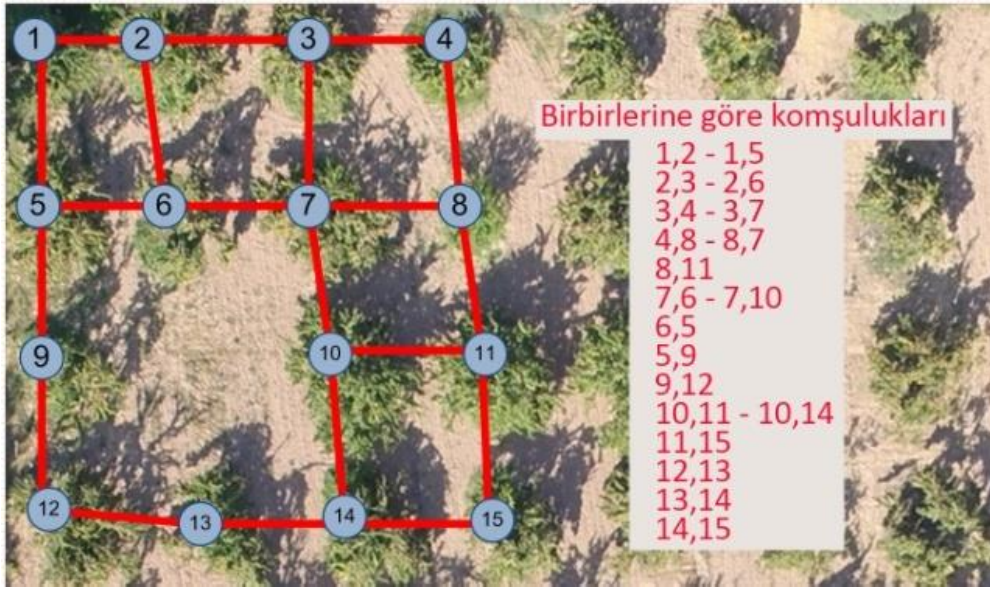


Şekil 17. Warp Perspective uygulanmış görüntü



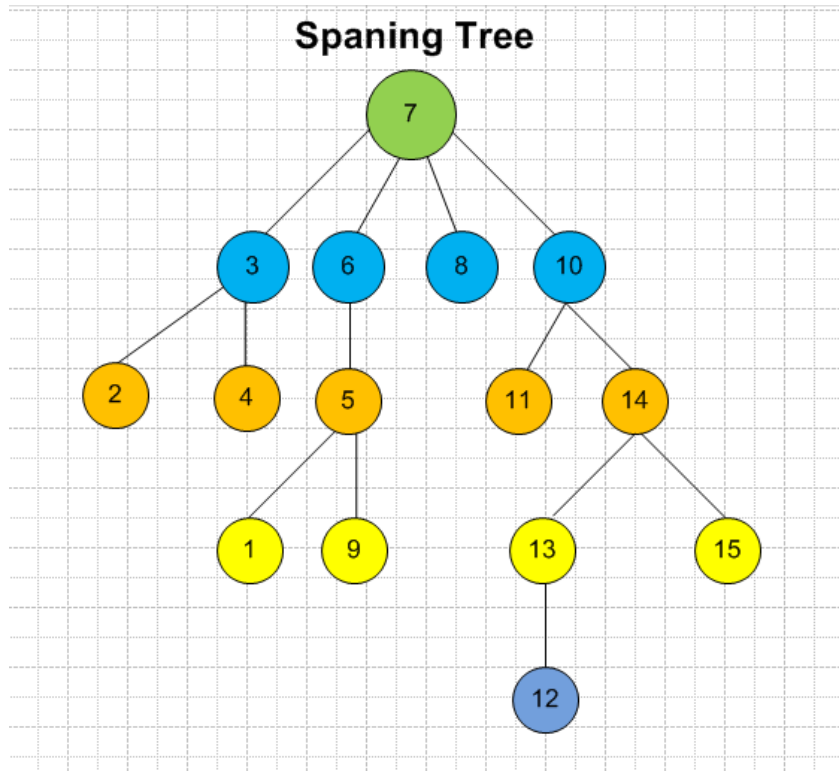
Şekil 18. Görüntüden 15 düğümlük bir kesit

Kesitin alınıp isimlendirilmesinden sonra her bir ağacın birbirine göre komşulukları Şekil 19’da gösterilmektedir.



Şekil 19. Kesitteki ağaçların birbirlerine göre komşulukları

Komşulukları bulunan ağaçların minimum kapsama ağacı Şekil 20’de gösterilmiştir.



Şekil 20. Kesite ait minimum kapsama ağacı(MST)

Minimum kapsama ağacı bulunan kesit Kmax baskınlık algoritmasına parametre olarak gönderilip etkin ağaç listesi Şekil 21’de verilmiştir.

DOMINATING SET TABLOSU	
Düğüm No	Baskınlık Değeri
1	9
2	13
3	9
4	7
5	9
6	10
7	12
8	11
9	11
10	9
11	11
12	11
13	6
14	9
15	7

Şekil 21. Kmax ağacı baskınlık tablosu

Şekil 21 de görüldüğü gibi alınan kesit içerisindeki en baskın ağaç 2 nolu düğüme aittir. Bu düğüm graftan kesilerek elde edilen yeni ağaçlar için en etkin baskınlık değeri tekrar Kmax ağacı algoritmasına gönderilerek diğer en etkin ağaçlar bulunur. Bulunan en etkin ağaçlar listesi bulunarak ilaçlama işleminin 2 nolu ağaçtan başlanarak diğer en etkin ağaçlara direk değil dolaylı en etkin ağaçlar üzerinden gidilerek bu işleme devam edilir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Drone'lar, sürdürülebilir bir tarım için ulaşılmak istenen nihai hedefin anahtar kaynağını oluşturmaktadır. Zorlu arazi şartlarından dolayı araçların ve insanların tarım alanlarına girememesi, tarımsal araçların tükettikleri yakıtların oluşturmuş olduğu maliyetler, yakıtların ve ilaçların çevreye verdiği zararlar, insan iş gücüne dayalı ilaçlamalarda ağaçların her bir tacına eşit oranda ilacın püskürtülememesi, ilaçlamanın saatlerce/günlerce sürmesine bağlı olarak ilaçlanma sürelerinin artması ve ilaçlamayı yapan kişilerde oluşabilecek ciddi sağlık sorunları gibi birçok problem ortaya çıkmaktadır. Bu tür problemleri çözmek için kullanılacak olan otonom drone'lar ile her metre karelik ağaç yapraklarındaki taçlara, ilacın eşit miktarda püskürtülmesi sağlanarak %35-40 oranında bir ilaç tasarrufu sağlanacağı öngörülmektedir. Ayrıca geleneksel yöntemle yapılan ilaçlamada ürün kaybının %1-%5'e ulaşabildiği, otonom drone'lar ile yapılması durumunda da ürün kaybının tamamen önüne geçileceğini, ilaçlama sırasında insanlarda oluşabilecek ciddi sağlık sorunlarının da önüne geçileceği T.C. Tarım ve Orman Bakanlığının "Türkiye'de Akıllı Tarımın Mevcut Durum Raporu"nda açıkça vurgulanmaktadır. Bu çalışmamızda grid sistemler üzerinde ağaçların tanınması işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışma en baskın değerleri bir kez bulmaktadır. Gelecek çalışmalarımızda en etkin ağacın bulunmasından sonra bu ağacın graftan çıkarılarak diğer en etkin ağaçların bulunması hedeflenmektedir. Ayrıca en etkin ağaçların bulunması işlemi sadece ağaçlar arası uzaklık dikkate alınarak yapılmıştır. Sonraki çalışmamızda ilaçlama işleminin verimliliği açısından meyve ağaçların çapı, meyve yoğunlukları ve ağaçlar arası uzaklık parametrelere bir matematiksel bir model uygulanarak etkinliğin artırılması hedeflenmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde FBG-2020-2143 numaralı proje kapsamında, vermiş oldukları maddi ve manevi destekten dolayı, İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

6. KAYNAKÇA

- [1] Tiryaki, B. , Canhilal, R. and Horuz, S., "Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri", Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, vol. 26, no. 2, pp. 154-169, April 2010
- [2] Robyn, C. Gilden, Huffling , K., Sattler, B., "Pesticides and Health Risks", Journal of Obstetric, Gynecologic & Neonatal Nursing, vol. 39, no. 1, pp. 103-110, December 2015, <https://doi.org/10.1111/j.1552-6909.2009.01092.x>
- [3] Sarwar, M., "The Dangers of Pesticides Associated with Public Health and Preventing of the Risks", International Journal of Bioinformatics and Biomedical Engineering, vol. 1, no. 2, pp. 130-136, April 2015
- [4] ŞAHİN, G. "Türkiye'de Gübre Kullanım Durumu ve Gübreleme Konusunda Yaşanan Problemler", Turkish Journal Agricultural Economics, vol. 22, no. 1, pp. 19-32, May 2016
- [5] Smith, C. (2016). Shooting photographs with a drone, In The photographers guide to drones (pp. 135-162)
- [6] H. Fraser, R., Olthof, I., C. Lantz, T., and Schmitt, C., "UAV photogrammetry for mapping vegetation in the low-Arctic", Arctic Science. vol. 2, no. 3, pp. 79-102, June 2016, <https://doi.org/10.1139/as-2016-0008>
- [7] Siebert, S., Teizer, J. "Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system", Appl Geomat vol. 6, no. 3, pp. 1-14, May 2014, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.01.004>
- [8] Nex, F., Remondino, F. "UAV for 3D mapping applications: a review", Automation in Construction vol. 6, no. 3, pp. 1-15, November 2014, <https://10.1007/s12518-013-0120-x>
- [9] North, D., "Private drones: Regulations and insurance", Layola consumer law review, vol. 27, no. 2, pp. 334-357, May 2015
- [10] Wall, T., Monahan, T., "Surveillance and violence from afar: The politics of drones and liminal security-scapes", SAGE Journals, vol. 15, no. 3, pp. 239-254, August 2011, <https://doi.org/10.1177/1362480610396650>
- [11] Krishna, V. Vamsi, T., Shastri, S., Kulshrestha, S., Mariajossy, A., "Design Of Drone Ambulance", International Journal of Pure and Applied Mathematics, vol. 119, no. 15, pp. 1813-1818, 2018
- [12] Konert , A., Smereka , J., Szarpak, L., "The Use of Drones in Emergency Medicine: Practical and Legal Aspects", Emergency Medicine International, vol. 2019, December 2019, <https://doi.org/10.1155/2019/3589792>
- [13] Frachtenberg, E., "Practical Drone Delivery" in Computer, vol. 52, no. 12, pp. 53-57, Dec. 2019, doi: 10.1109/MC.2019.2942290
- [14] Samaras, S., Magoulianitis, V., Dimou, A., Zarpalas, D., Daras, P., "UAV Classification with Deep Learning Using Surveillance Radar Data", International Conference on Computer Vision Systems, vol. 10, no. 1, pp. 744-753, November 2019, https://10.1007/978-3-030-34995-0_68
- [15] Greenwood, William W., Lynch, Jerome P., Dimitrios.,Z., "Applications of UAVs in Civil Infrastructure", Journal of Infrastructure Systems, vol. 25, no. 2, June 2019 [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000464](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000464)
- [16] Banić, M., Miltenović, A., Pavlović, M., Ćirić, I., "Intelligent machine vision based railway infrastructure inspection and monitoring using UAV", Facta Universitatis Ser. Mech. Eng., vol. 17, no. 3, pp. 357-364, 2019, <https://doi.org/10.22190/FUME190507041B>
- [17] Kato, A., Wakabayashi, H., Hayakawa, Y., Bradford, M., Watanabe, M., Yamaguchi, Y., "Tropical forest disaster monitoring with multi-scale sensors from terrestrial laser, UAV, to satellite radar" 2017 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), Fort Worth, TX, 2017, pp. 2883-2886, doi: <https://10.1109/IGARSS.2017.8127600>
- [18] Lottes, P., Chebrolu, N., Liebisch, F., Stachniss C., "UAV-based Field Monitoring for Precision Farming" in Proc. 25. Workshop Computerbildanalyse in der Landwirtschaft, 2019
- [19] Chebrolu, N., Läbe, T., Stachniss, C., "Robust Long-Term Registration of UAV Images of Crop Fields for Precision Agriculture", IEEE Robotics and Automation Letters, vol. 3, no. 4, pp. 3097-3104, October 2018, doi: <https://10.1109/LRA.2018.2849603>.

- [20] Yang, L., Qi, J., Xiao, J., Yong, X., "A literature review of UAV 3D path planning," Proceeding of the 11th World Congress on Intelligent Control and Automation, Shenyang, 2014, pp. 2376-2381, doi: <https://10.1109/WCICA.2014.7053093>
- [21] Anand, K., Goutam , R., "An Autonomous UAV for Pesticide Spraying", International Journal of Trend in Scientific Research and Development, vol. 3, pp. 986-990, 2019, doi: 10.31142/ijtsrd23161
- [22] Weinstein, B.G., Marconi, S., Bohlman, S., Zare, A., White, E., "Individual Tree-Crown Detection in RGB Imagery Using Semi-Supervised Deep Learning Neural Networks", Remote Sens, vol. 11, no. 11, pp. 1309, June 2019
- [23] Karci, A., "New Algorithms for Minimum Dominating Set in Any Graphs", Computer Science , vol. 5, no. 2, pp. 62-70, December 2019
- [24] FarmingMagazine, [Online]. Available: <https://www.farmingmagazine.com/bits-and-pieces/tractors/autonomous-vehicles/>. [Accessed Feb, 12 2021]
- [25] DroneLife, [Online]. Available: <https://dronelife.com/2014/10/24/drone-need-gps-connection/> [Accessed Feb, 18 2021]
- [26] AUAV, [Online]. Available: <https://www.auav.com.au/articles/drone-types/> [Accessed Feb, 21 2020]
- [27] Office Of Energy Efficiency & Renewable Energy, [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/solar/how-does-solar-work> [Accessed Feb, 26 2021]
- [28] Ecogreen Electrical, [Online]. Available: <http://www.ecogreenelectrical.com/solar.htm>. [Accessed Mar, 08 2021]