



**T.C.  
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**Bilgisayar Mühendisliği Bölümü**

# **AUTONOMOUS CROP PICKING**

**Murat ALTUNTAŞ**

**Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Yakup GENÇ**

**Haziran, 2016  
Gebze, KOCAELİ**





**T.C.  
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**Bilgisayar Mühendisliği Bölümü**

# **AUTONOMOUS CROP PICKING**

**Murat ALTUNTAŞ**

**Danışman  
Yrd. Doç. Dr. Yakup GENÇ**

**Haziran, 2016  
Gebze, KOCAELİ**



Bu çalışma 02/06/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde Lisans Bitirme Projesi olarak kabul edilmiştir.

Bitirme Projesi Jürisi

Danışman Adı	Yrd. Doç. Dr. Yakup GENÇ	
Üniversite	Gebze Teknik Üniversitesi	
Fakülte	Mühendislik Fakültesi	

Jüri Adı	Prof. Dr. Yusuf Sinan AKGÜL	
Üniversite	Gebze Teknik Üniversitesi	
Fakülte	Mühendislik Fakültesi	

Jüri Adı	Doç. Dr. Fatih Erdoğan SEVİLGİN	
Üniversite	Gebze Teknik Üniversitesi	
Fakülte	Mühendislik Fakültesi	

## **ÖNSÖZ**

Bu projenin gerçekleştirilmesinde yol gösteren Yrd. Doç. Dr. Yakup GENÇ hocama, değerli yorum ve önerileri için jüri üyeleri Prof. Dr. Yusuf Sinan AKGÜL, Doç. Dr. Fatih Erdoğan SEVİLGİN'e ve bu çalışmayı destekleyen Gebze Teknik Üniversitesi'ne içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca eğitimim süresince bana her konuda tam destek veren aileme ve bana hayatlarıyla örnek olan tüm hocalarıma saygı ve sevgilerimi sunarım.

**Haziran, 2016**

**Murat ALTUNTAŞ**

## **İÇİNDEKİLER**

<b>ÖNSÖZ.....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER.....</b>	<b>vii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÖZET.....</b>	<b>ix</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PROJE İÇERİĞİ.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. PROJE GEREKSİNİMLERİ.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. SİSTEM MİMARİSİ.....</b>	<b>5</b>
<b>2.3. STEREO KAMERA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. BİTKİ TANIMA.....</b>	<b>8</b>
<b>3. SONUÇLAR.....</b>	<b>10</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>13</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 Stereo Kamera.....	2
Şekil 2 Kuşkonmaz .....	2
Şekil 3 Bitki Tanıma .....	3
Şekil 4 Sistem Mimarisi.....	5
Şekil 5 Stereo Kamera.....	6
Şekil 6 Chessboard.....	6
Şekil 7 Calibration .....	7
Şekil 8 Euclidean distance .....	7
Şekil 9 Kuşkonmaz .....	8
Şekil 10 Threshold .....	9
Şekil 11 Detection.....	9
Şekil 12 Mesafe.....	10
Şekil 13 Bitki Tanıma .....	11
Şekil 14 Bitkinin Boyu.....	11
Şekil 15 Grid .....	12



## ÖZET

Tarım sektöründe otomasyon verimlilik artımında sık kullanılan bir yöntemdir. Geniş alanlarda tahıl hasatı için kullanılan tarım makineleri buna örnek olarak verilebilir. Bunlar genelde mekanik sistemlerdir. Son yıllardaki gelişmeler robotik teknolojilerinin tarım otomasyonunda kullanımını mümkün kılmıştır. Bu yöneline uygun olarak bir otonom kuşkonmaz toplama sistemi geliştirilmek istenmektedir. Bu proje raporunda sözkonusu sistemin algılayıcı alt sistemi geliştirilmesi aşamaları ve çalışmaları tanıtılmıştır.

Projede amaç, geliştirilen bilgisayarla görme sistemi ile toplanacak bitkiyi tanımak ve toprak üzerindeki yerini saptamaktır. Daha sonra bu sistem bir robotik sistem ile birleştirilerek bitkinin toplanmasında kullanılabilecektir.

Projede kurulacak sisteme uygun iki tane kamera ile bir stereo kamera sistemi kurulmuştur. Bu stereo sistem OpenCV'nin stereo kamera örneklerinden de yararlanarak damalı tahta ile kalibre edilip stereo kameranın iç ve dış parametreleri elde edilmiştir. Bu parametrelerden de yararlanarak belli bir noktanın kameraya olan uzaklığı hesaplanabilmiştir.

Projede kullanılan bitki kuşkonmaz (asparagus) bitkisidir. Yapılan vision sistemi için kuşkonmaz bitkisi tespit edilir ve stereo kamera ile tanıyarak kameraya olan uzaklığı hesaplanır. Bitkiyi tanımak için makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmıştır.

Yapılan deneylerde sistem kuşkonmaz bitkisini doğru bir şekilde tanıyabilmiş ve kameraya olan uzaklığını hesaplamıştır.

## **SUMMARY**

Projects using stereo camera vision system is to make the collection of plants.

The aim of the project, made to recognize the plants with vision system and to determine its location on earth. Then the vision system can be used in the collection of the plant combined with a robotic system.

In my project, I installed a stereo camera system, with two camera system will be installed. I established system opencv'n example of benefiting from the stereo camera I've calibrated with checkered board and I had the stereo camera's internal and external parameters. I have obtained these parameters benefiting from a certain point I tried to find the distance to the camera.

Plants for my project asparagus (Asparagus) is a plant. I know what I vision system for asparagus plants. Asparagus, I calculate the distance from the camera to recognize with my stereo camera.

I use machine learning methods to identify the plants.

I knew I made the asparagus plant in the system correctly and have accurately calculate the distance from the camera.

## 1. GİRİŞ

Bu proje, bir bitkinin toplanması için bir bilgisayarla görme sistemi yapılmasıdır. Bu sistemin yapılmasında özel olarak kuşkonmaz bitkisi kullanıldı. Projede bitkiyi tanıma ve derinlik hesabı yapıldı. Yapılan bu sistem robotik bir sisteme entegre edilerek kullanılabilecektir.

Yapılan projeye benzer olarak piyasada yapılmış olan AutoSpar ve ASH gibi kuşkonmaz bitkisini toplayan sistemler mevcuttur. Ayrıca bu konu ile ilgili daha önceden çalışılmış literatür araştırmaları da bulunmaktadır.

Bu projenin yapılmasındaki amaç, kuşkonmaz bitkisinin Türkiye de yetiştirilme alanlarının yavaş yavaş yaygınlaşması ve bu bitkinin toplanmasında insan gücünden yararlanılmasıdır. Çünkü pahalı bir bitki olduğu için insanlar tarafından tek tek ve özenle toplanmaktadır. Hasat işlemini daha hızlı ve ucuz bir şekilde yapabilmek için bu ürünün makine ile toplanması ihtiyacı doğmuştur.

Proje raporunun akışı aşağıdaki gibidir.

- Giriş
  - Projenin Tanımı
  - Projenin Neden ve Amaçları
- Projenin İçeriği
  - Proje Gereksinimleri
  - Sistem Mimarisi
  - Stereo Kamera
  - Bitki Tanıma
- Sonuçlar
- Kaynaklar

## 1.1. PROJE TANIMI

Bu proje de bir bitkinin toplanması için bir bilgisayarla görme sistemi yapıldı. Yapılan bu sistemde öncelikle bir stereo kamera yapıldı. Stereo kamera için 2 adet Logitech C270 model kamera kullanıldı.



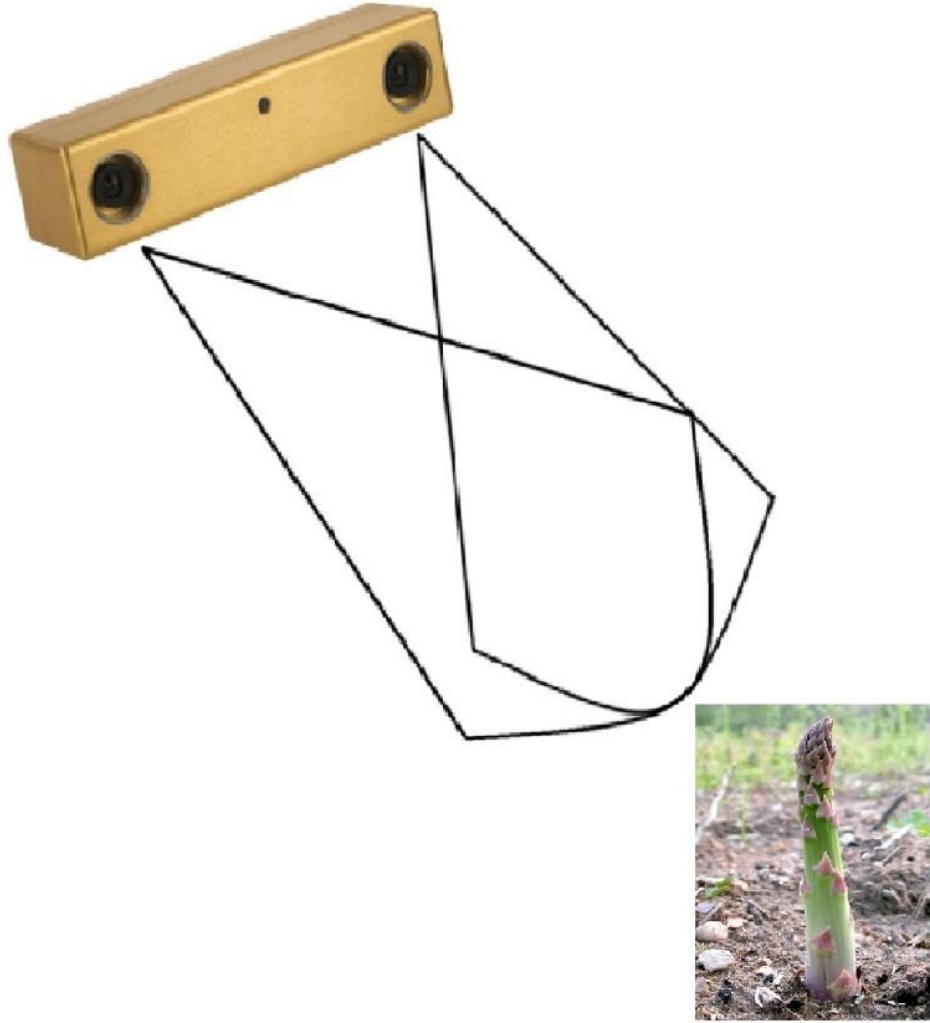
**Şekil 1 Stereo Kamera**

Bu iki kamera ile bir düzenek kurularak stereo kamera oluşturuldu. Daha sonra kuşkonmaz bitkisinin resimlerini ve videoları çekilerek veri toplandı.



**Şekil 2 Kuşkonmaz**

Toplanan veriler üzerinde makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak bitkiyi tanıma işlemleri yapıldı. Daha sonra bitkinin toprak üzerindeki yeri belirlendi.



**Şekil 3 Bitki Tanıma**

## **1.2. PROJENİN NEDEN ve AMAÇLARI**

Bu proje kuşkonmaz bitkisinin insan gücü ile değil de makineler ile toplanması ihtiyacından doğmuştur. İnsan gücü pahalı ve yavaş kaldığından dolayı makine ile hızlı ve ucuz bir çözüm üretilmek istenmiştir.

Bitkinin hasadı için düşünülen çözüm bitkiyi toprak üzerinde kamera yardımı ile tanımak ve bitkinin toprak üzerinde tam olarak nerede olduğunu belirlemektir

Bu projede:

- İki kamera ile stereo bir kamera yapıldı
- Yapılan stereo kamera ile bitkinin tanınması sağlandı

- Bitkinin kameraya göre toprağın üzerindeki yeri tam olarak belirlenmeye çalışıldı
- Bitkinin toprağın üstünde kalan kısmının boyu hesaplandı

Bu proje sayesinde:

- Yapılan sistemin robotik bir sisteme entegre hali ile kuşkonmaz bitkisinin topraktan insan gücü kullanılmadan sadece makineler ile çıkarılması sağlanabilir.
- İnsana göre daha hızlı hasat yapılması sağlanabilir.

## **2. PROJE İÇERİĞİ**

### **2.1. PROJE GEREKSİNİMLERİ**

Bu projede başarılmaları gerekenler:

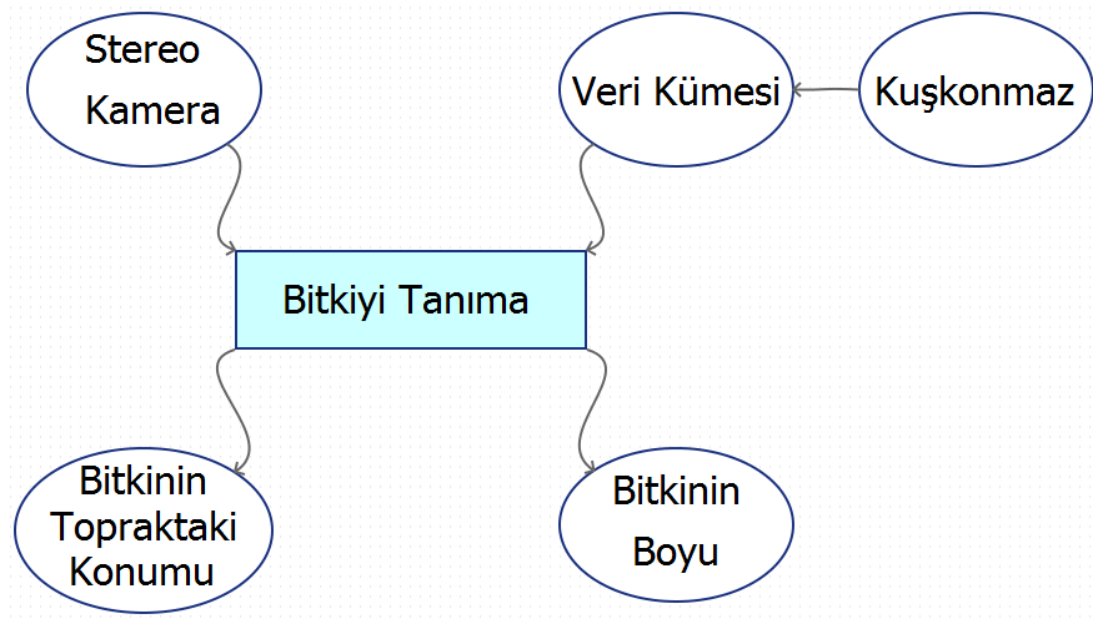
- 2 kamera kullanarak stereo kamera yapmak
- Stereo kameranın kalibrasyonunu yapmak
- Kuşkonmaz bitkisi kullanarak görüntü verisi toplamak
- Kuşkonmaz bitkisini tanımak
- Bitkinin kameraya göre topraktaki konumunu belirlemek
- Bitkinin toprak üzerindeki boyunu belirlemek

Bunların sağlanması için gerekli ihtiyaçlar:

- 2 adet kamera
- Visual Studio
- OpenCV kütüphanesi
- Kuşkonmaz bitkisi
- Bitki ile ilgili veri kümesi

## 2.2. SİSTEM MİMARİSİ

Bu projede kuşkonmaz bitkisinin toplanması için bilgisayarla görme tabanlı bir sistem yapılması amaçlanmıştır. Yapılan bu sistem ile kuşkonmaz bitkisinin toplanmasında kullanılacak makineye yardımcı bir sistem yapılmıştır. Yapılan sistemde 2 kamera ile stereo bir kamara yapıldı. Kuşkonmaz bitkisinin toprak üzerindeki görüntüleri alınarak bir veri kümesi oluşturuldu. Bu veri kümesi üzerinde makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak bitkinin tanınması sağlandı. Tanınan bitkinin kameraya göre toprak üzerindeki konumu ve bitkinin toprak üzerindeki boyu belirlendi.



Şekil 4 Sistem Mimarisi

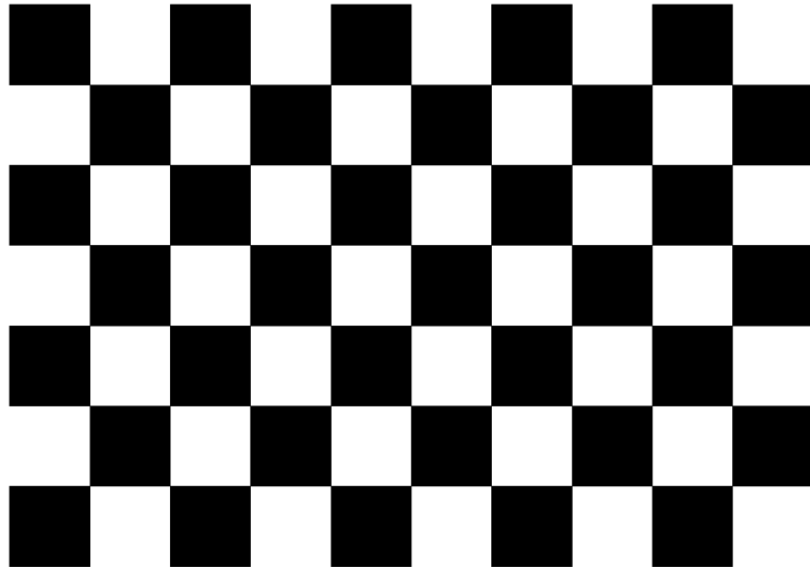
## 2.3. STEREO KAMERA

Stereo kamerayı yapabilmek için 2 tane Logitech c270 kamera kullanıldı.



Şekil 5 Stereo Kamera

Kameraları yanyana koyup sabitleyerek bir stereo kamera düzeneği oluşturuldu. Oluşturulan bu stereo kamera düzeneği ile kamera kalibrasyonu yapıldı. Kamera kalibrasyonu için OpenCV'nin Stereo kamera kalibrasyonu örneğinden yararlanıldı.



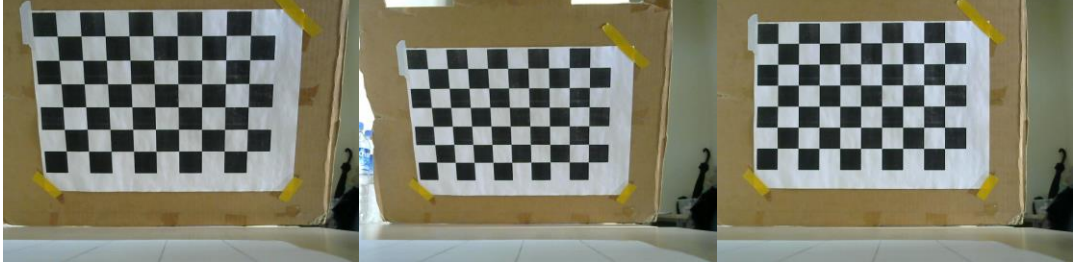
This is a 3x3  
OpenCV chessboard  
<https://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/>

Şekil 6 Chessboard

Kamerayı kalibre etmek için chessboard kullanıldı. Kamerayı kalibre etmek için chessboard'ın sağ ve sol kamera ile farklı açı ve şekillerde ayrı ayrı 14 farklı



fotoğrafi çekildi. Çekilen bu fotoğraflar kamera kalibrasyonu kodunda kullanıldı ve stereo kamera kalibre edildi.



**Şekil 7 Calibration**

Kamera kalibre edildikten sonra, stereo kameranın iç ve dış parametreleri elde edildi. Stereo kameranın iç ve dış parametreleri kullanılarak belli bir noktanın kameraya olan uzaklığı bulundu.

Noktanın kameraya olan uzaklığı bulunurken OpenCV'nin perspectiveTransform fonksiyonundan yararlanıldı. Bu fonksiyon ile görüntüdeki belirli bir noktanın x, y, z koordinatları elde edildi. Uzaklığı önceden bilinen birkaç noktanın bu şekilde koordinat noktaları bulundu. Daha sonra noktalar arası uzaklıklar öklit uzaklık formülü kullanılarak hesaplandı.

$$d(\mathbf{p}, \mathbf{q}) = d(\mathbf{q}, \mathbf{p}) = \sqrt{(q_1 - p_1)^2 + (q_2 - p_2)^2 + \dots + (q_n - p_n)^2}$$
$$= \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2}.$$

**Şekil 8 Euclidean distance**

Hesaplanan uzaklıklar gerçek uzaklık ölçüleri ile kıyaslanarak sabit bir kat sayı elde edildi. Elde edilen kat sayı da kullanılarak görüntü üzerindeki herhangi bir noktanın kameraya olan uzaklığı hesaplandı.

## 2.4. BİTKİ TANIMA

Kuşkonmaz bitkisi toprağa ekilip fotoğraf ve videoları çekilerek veri toplandı.



Şekil 9 Kuşkonmaz

Gün içinde ve farklı günlerde değişen ışık şartlarından faydalanarak ve farklı ortamlarda çok sayıda kuşkonmaz verisi toplandı. Toplanan kuşkonmaz verileri makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak eğitildi. Veri setini eğitmek için OpenCV'nin Histogram of Oriented Gradients (HOG) ve Support Vector Machine (SVM) yöntemleri kullanıldı. Eğitilen veri seti kullanılarak bitki stereo kamera ile tanınmaya çalışıldı. Her iki kamerada da tanınan bitkinin belli bir referans noktası seçilerek bitkinin kameraya olan uzaklığı (bitkinin konumu) bulunmaya çalışıldı.

Ancak bu yöntem çok yavaş kaldığı için alternatif bir çözüm olarak bitkiyi renginden tanıma yöntemi denendi. Bu yöntem için bitkinin renk tonu aralığı bulma işlemleri yapıldı. Bitkinin renk aralığı belirlendikten sonra inRange işlemi uygulandı. Daha sonra erode ve dilate fonksiyonları ile çevredeki gürültü azaltılarak bitkinin tam olarak belirginleşmesi sağlandı.



**Şekil 10 Threshold**

Belirlenen alan üstünde OpenCV'nin findContours fonksiyonu kullanılarak resimdeki kapalı alanlar bulundu. Bulunan kapalı alanlar içinde alanı en büyük olan contour referans alındı. Daha sonra orijinal görüntü üzerinde bu alana denk gelen yere bir dikdörtgen çizilerek bitkinin yeri tespit edildi.



**Şekil 11 Detection**

### 3. SONUÇLAR

Proje sonunda bitki tanıma ve kameraya olan uzaklığını bulma işlemleri gerçekleşti. Bitkinin kameraya olan uzaklığı 20 cm ile 50 cm arasında olan görüntüler üzerinde yapılan testler sonucunda %2 hata oranı ile bitkinin kameraya olan uzaklığı hesaplandı.



Şekil 12 Mesafe

Sadece bitkinin olduğu ortamlarda, renk aralığı kullanarak bitkiyi bulmada %100 başarı elde edildi. Bitki sadece toprak üzerinde olduğu zaman renk farkından yararlanarak bitki algılandı. Gün içinde farklı ışık şartlarında toplanan görüntülerde farklı renk aralıkları ile çalışılarak en iyi renk aralıkları belirlendi ve toprak üzerindeki bitki, renk farkından yararlanılarak bulundu.





Şekil 13 Bitki Tanıma

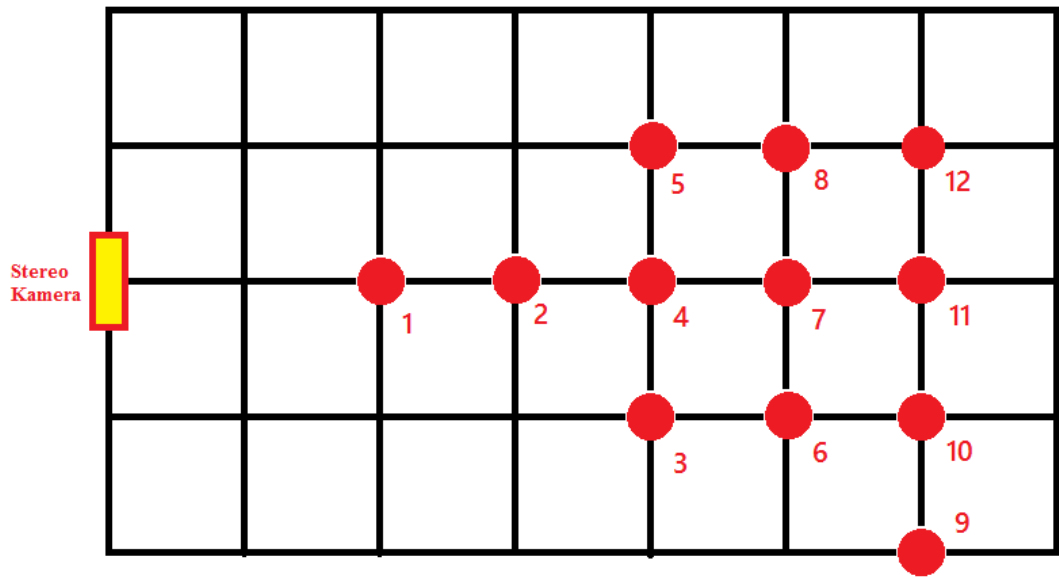
Sadece bitkinin olduğu ortamlarda ve elverişli ışık koşullarında tanınan bitkinin, kameraya olan uzaklık ölçüleri ve görüntüdeki pixel yüksekliği değerleri kullanılarak bitkinin boyu hesaplandı. Hesaplanan bitki boyu, yapılan testler sonucu ortalama 2 cm hata oranı ile hesaplandı.



Şekil 14 Bitkinin Boyu

Stereo sisteme kalibrasyon sonrası doğrulunu ölçmek için aşağıdaki testler yapılmıştır.

Stereo kamera sabit bir noktaya yerleştirilmiştir. Daha sonra 4x5'lik bir grid üzerine obje yerleştirilerek mesafesi sistem tarafından tahmin edilmiştir. Bu mesafeler grid üzerinde bilindiğinden (el ile ölçülerek) karşılaştırma yapılabilmektedir. Kolay anlaşılması için karşılaştırmada grid noktaları arasındaki Euclidean uzaklıkların oranları hesaplanarak farklar yüzde olarak sunulmuştur. Buradan görüldüğü sistem 30cm uzaklıkta %2 civarında bir hata ile mesafe ölçebilmektedir.



Şekil 15 Grid

	Genişlik	Uzaklık	x	y	z
1	15	20	0,366	-0,36027	5,5199
2	15	25	0,2697	-0,09346	6,85732
3	20	30	1,50869	0,161155	8,236
4	15	30	0,1711	0,160307	8,19269
5	10	30	-1,18628	0,158637	8,10735
6	20	35	1,40884	0,433429	9,54976
7	15	35	-0,01179	0,430786	9,49153
8	10	35	-1,375	0,423047	9,32103
9	25	40	2,511	0,718228	11,0398
10	20	40	1,15084	0,708183	10,8854
11	15	40	-0,1862	0,703265	10,8098
12	10	40	-1,8338	0,693631	10,6617

## KAYNAKLAR

- [1] Sakai, H., Shiigi, T., Kondo, N., Ogawa, Y., & Taguchi, N. Accurate position detecting during asparagus spear harvesting using a laser sensor. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 6(3), 105-110, 2013.
- [2] J.Rambhia, Stereo Calibration [online], <http://www.jayrambhia.com/blog/stereo-calibration/> [Ziyaret Tarihi: 11 Şubat 2016].
- [3] Depth Map from Stereo Images [online], [http://docs.opencv.org/master/dd/d53/tutorial\\_py\\_depthmap.html#gsc.tab=0](http://docs.opencv.org/master/dd/d53/tutorial_py_depthmap.html#gsc.tab=0) [Ziyaret Tarihi: 10 Şubat 2016].
- [4] M.Peris, OpenCV:Stereo Camera Calibration [online], <http://blog.martinperis.com/2011/01/opencv-stereo-camera-calibration.html> [Ziyaret Tarihi: 9 Şubat 2016].
- [5] Hartley, R., and Zisserman, A. *Multiple view geometry in computer vision*. Cambridge University Press, 2003.
- [6] Roger Y. Tsai. *A versatile camera calibration technique for high-accuracy 3D machine vision metrology using off-the-shelf TV cameras and lenses*. 1992.