

## KÜTLE DUYARLI ELMA SINIFLANDIRMA ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TASARIMI

HAYRETTİN TOYLAN<sup>1</sup>, HİLMİ KUŞÇU<sup>2</sup>

### ÖZET

Bu çalışmada, elmaların kütlesi göz önüne alınarak dört farklı sınıfa ayrılmasını sağlayan bir endüstriyel otomasyon sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada, elmaların kütesinin oluşturduğu ağırlık kuvveti, yük hücresi tarafından ölçülmüştür. Ölçülen bu büyüklük Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC)'de yazılan algoritma yardımı ile elmaların dört farklı kütle sınıfına ayrılmasında kullanılmıştır. Bununla birlikte geliştirilen SCADA yazılımı sayesinde, kütesine göre elma sınıflandırma endüstriyel otomasyon sisteminin işleyişi görüntülenerek, kontrol ve kumanda edilmesi sağlanmıştır. Tasarlanan sistem ile Golden, Starking ve Jonagold türü elmalar kütlelerine göre toplamda dört sınıfa ayrılarak incelenmiştir. 720 elma üzerinde yapılan incelemede elmaların belirlenen ağırlık sınıflarına göre doğru bir şekilde ayrıştırıldığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstriyel Otomasyon, Yük hücresi, SCADA, PLC, Elma

### MASS SENSITIVE APPLE CLASSIFICATION INDUSTRIAL AUTOMATION DESIGN

### ABSTRACT

In this study, an industrial automation system is developed which enables the apples to be grouped into four by considering their masses. In the study, the force of gravity of the apples' masses is scaled with a load cell. The scaled quanta is used for grouping the apples into four different mass classes via the algorithm written with PLC (Programmable Logic Controller). By means of SCADA software developed industrial automation system of the grouping the apples according to their masses are scanned as well as controlled and commanded. With the designed system Golden, Starking and Jonagold apples are examined in four categories according to their masses. After examining 720 apples, apples are observed to be grouped correctly according to the defined mass classes.

**Keywords:** Industrial Automation, Load cell, SCADA, PLC, Apple

---

<sup>1</sup> Yardımcı Doçent Doktor, Kırklareli Üniversitesi, [hayrettintoylan@kirkclareli.edu.tr](mailto:hayrettintoylan@kirkclareli.edu.tr)

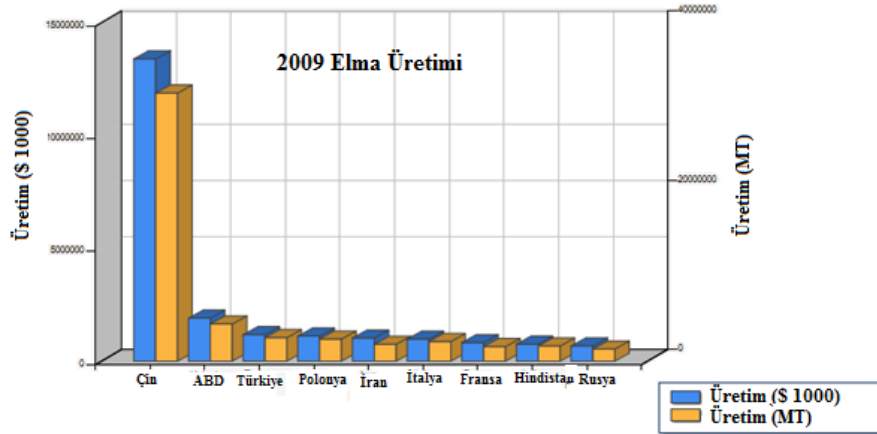
<sup>2</sup> Yardımcı Doçent Doktor, Trakya Üniversitesi, [hilmi@trakya.edu.tr](mailto:hilmi@trakya.edu.tr)

## GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte insanlar tarafından yapılan üretim, yerini makineler tarafından yapılan ve denetlenen otomatik üretim sistemlerine bırakmıştır. Bu işlerin planlanan sıra ile doğru olarak yapılmasını ve denetlenmesini sağlayan sürece, endüstriyel otomasyon denilmektedir. Kurtulan, endüstriyel otomasyon sistemlerini üç bölüm altında incelemiştir. Bunlar, endüstriyel kumanda sistemleri, geri beslemeli kontrol sistemleri ve veri iletişim sistemleridir. Veri iletişim sistemleri bilginin güvenilir ve hızlı dolaşımını aynı zamanda depolanmasını sağlayan donanım ve yazılım sistemleridir. Bu işlemleri gerçekleştiren SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) yazılımları kullanılır. PLC (Programlanabilir Lojik Kontrolör) ise endüstriyel otomasyon sisteminin üç bölümünde de etkin olarak kullanılmaktadır (Kurtulan, 2003). PLC'nin temel avantajları kolay, esnek, güvenilir ve basit sistem yapılandırılmasının sağlanması ile birlikte bakım maliyetinin düşük olmasıdır. Bundan dolayı karmaşık sistemler PLC kontrol sistemlerine kaydırılmıştır (Aydoğmuş, 2009).

Endüstriyel otomasyon sistemleri, savunma sanayi (hedef belirleme), trafik kontrol ve endüstriyel alanların otomatik denetlenmesi gibi pek çok farklı alanda kullanılmaktadır. Bu sistemlerin tarım ürünlerinin sınıflandırılması için pratik ve kullanışlı bir araç olduğu da bilinmektedir. Bu çalışmada, endüstriyel otomasyon sistemi elmaların kütlelerine göre sınıflandırılması amacı ile kullanılmıştır.

Dünyada elma üretimi 2009 verilerine göre 71.286.632 tondur. Türkiye; Çin ve ABD'den sonra 2.782.370 ton olan elma üretim kapasitesi ile Dünya'da elma üretiminde üçüncü sırada yer almaktadır (faostat, 2011).



Şekil 1: 2009 verilerine göre Dünya'da elma üretimi (faostat,2011)

Marketlerde bulunan elmalar; şekline, rengine, boyuna ve yüzeyinde varsa kusurların görünümüne göre sınıflandırılmaktadır (Leemans ve Destain, 2004). Elmaların sınıflandırılması bir çok araştırmacının çalışma konusu olmuştur (Leemans ve Destain, 2004; Li v.d., 2002; Wen ve Tao, 1999; Kavdır ve Guyer, 2008; Unay ve Gosselin, 2007).

Bununla birlikte, elma pazarlamasında en önemli etkenlerden biri de standardizasyondur. Bu nedenle TSE (Türk Standartları Enstitüsü) tarafından hazırlanan elma standartları, meyve özellikleri dikkate alınarak elmayı; renklerine göre gruplara, botanik bakımından yapılarına göre çeşitlere, kalite özelliklerine göre sınıflara ve iriliklerine göre de boylara ayırmaktadır (Tablo 1).

Tablo 1: Elmaların Sınıflara Göre Kabul Edilen En Küçük Kütle Değerleri (TS100 )

	1.Sınıf	2.Sınıf	Ekstra
İri Boy (g)	90	90	110
Normal Boy (g)	80	70	90

Ülkemizde üretimi yapılan meyve sınıflandırma sistemleri, genellikle sadece boyut ve kütle esas alınarak çalışmaktadır. “Kütle esas alınan makineler hassas tartı düzeneğine sahip olmalıdırlar. Bu yöntemde meyveler bantlı götürücüler ile tartı düzenine getirilir. Meyveler kendi kütlelerine uygun karşı kütleli ya da direnci yendiği anda ait oldukları ağırlık sınıfına düşerler. Bu yöntemi kullanan makinelerin verimleri 2000kg/h civarındadır. Meyvelerin boyutlarına göre sınıflandırılmasında, elle kullanılan değişik çaplı çemberler ya da master görevini yapan delikli tahta tablalar kullanılır. Bu aletlerle bir kişi saatte 100-200 kg meyve sınıflandırabilir. Mekanik yollarla meyveleri boyutlarına göre sınıflandıran makineler 5 ana grupta toplanabilir; ayırıcı silindiri bantlı götürücü tip, elek sistemli tip, yatay silindiri tip, aralıkları değişen, bant, kayış ya da konik silindiri tip ve delik çapları değişen (orifisli) tiptir” (Tekin, 1995). Bunlara ek olarak merkezkaç kuvveti prensibine göre çalışan boylama makineleri de ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada sadece mekanik sistemler yerine, bu sistemlerle birlikte PLC ve SCADA sistemlerinin eşgüdümlü çalışmasını sağlayacak bir sistem tasarlanmıştır.

### Materyal ve Yöntem

#### Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC)

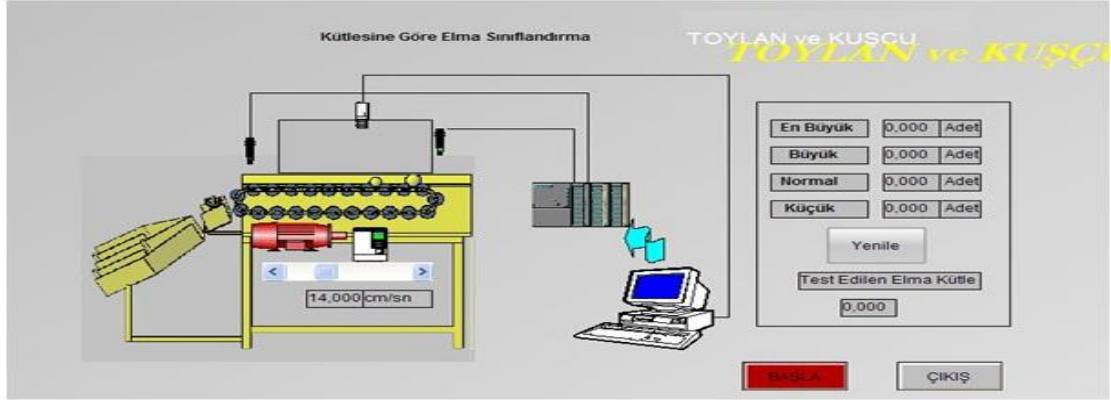
Bu çalışmada, Siemens’in ürettiği S7300 CPU 313C’ modeli kullanılmıştır. Bu modelde 24 adet sayısal giriş, 16 adet sayısal çıkış, 5 adet analog giriş ve 2 adet analog çıkış bulunmaktadır. Analog giriş 4-20mA veya 0-10 V olarak kullanılabilir. Kullanılan PLC’nin çıkış ve giriş gerilimi 24 V olup, transistör çıkışlıdır. PLC yazılımı için Siemens’in, Simatic Manager Step7 V5.3 programı kullanılmıştır. Program yazımına geçilmeden önce, yazılımda kullanılan PLC cihaz modeli ve haberleşmede kullanılan donanım tanıtılmıştır. Daha sonra giriş ve çıkış adreslerine dikkat edilerek programın fonksiyonları (FC) yazılmıştır.

PLC’den gelen elma sınıflandırma sonuçlarına göre ayırıcı birimde bulunan pnömatrik pistonlar ve selenoid kontrollü valfler yardımı ile ayırıcı birimde bulunan paletleri uygun konuma getirmektedir.

#### SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

SCADA kelimesi, Supervisory Control and Data Acquisition’nin kısaltılmasından oluşur. İşletme operatörleri, SCADA’yı kullanarak bir sistemin işleyişini görüntüler, kontrol ve kumanda ederler. SCADA sistemleri, endüstriyel süreçlerde (çimento üretimi, demir-çelik sanayi, kimya sanayi vb.) telekomünikasyonda, taşımacılıkta, enerji santrallerinde ve füzyon gibi bilimsel deneylerin kontrolünde kullanılmaktadırlar. SCADA sistemleri yüz binleri bulan giriş/çıkış sayılı süreçleri kontrol edebilmektedirler (Daneels ve Salter, 1999).

SCADA yazılımı sayesinde, kütlelerine göre elma sınıflandırma endüstriyel otomasyon sisteminin işleyişini görüntülenerek, kontrol ve kumanda edilebilmektedir (Şekil 2). SCADA programı olarak, endüstriyel otomasyon sisteminde PLC’ler ve RTU (Uzak terminal birim)’lerle sorunsuz şekilde çalışabilen WINCC 7.0 (Demo sürüm) kullanılmıştır. SCADA ile PLC arasındaki bağlantı MPI (Multi-Point Interface) haberleşme protokolü ile sağlanmıştır.



Şekil 2: Kütlesine göre elma sınıflandırma SCADA ekranı

### Kütle Ölçümü

Elmaların kütle sınıflandırılmasının yapılabilmesi hassas bir tartım işlemi gerektirmektedir. Bu işlem, strain gage (gerinim ölçer) tabanlı bir platform tipi yük hücresi (load cell) ile gerçekleştirilebilir. Bu çalışmada 6kg kapasiteli tek noktadan belli bir alanda tartım yapabilen yük hücresi kullanılmıştır(Şekil 3).



Şekil 3: Yük hücresi ve transmitter

Sınıflandırma işleminin doğru yapılabilmesi, yük hücresinden gelen sinyallerin doğru okunabilmesi ile mümkündür. Yük hücresinden gelen sinyalleri PLC'de işlemeye uygun duruma getirmek için sayısal mikro işlemcili bir transmitter kullanılmıştır.

Yük hücresinin montajı, konveyör çıkışına saplama ile yapılmıştır. Konveyörden çıkan elmaların sabit duracağı ve kütlenin oluşturduğu ağırlık kuvveti bilgisinin alınmasından sonra ayırıcı kısma gönderileceği, optimum maliyet ve fayda gözetilerek bir tartım sistemi geliştirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4: Tartım sistemi

Yük hücresine ek olarak tartım sistemi içerisinde iki adet sınır anahtarı, bir adet 24 V redüktörlü doğru akım motoru bulunmaktadır. Bu elemanlar kütle bilgisi ölçülme işleminden sonra elmayı ayırıcı

birime göndermek için kullanılır. Ayırıcı birime ulaşan elmalar, PLC'nin gönderdiği sınıf bilgisini içeren komutlara göre pnömatik pistonlar yardımı ile uygun sınıfa ayrılırlar.

#### Ayırıcı birim

PLC algoritmaları tarafından gönderilen sonuçlara göre elmanın hangi sınıfa mensup olduğu bilgisi ayırıcı birime ulaşır. Sonrasında PLC'den gelen sinyallerin valfleri tetiklemesiyle birlikte, pnömatik pistonlara bağlı paletler, elmaları kütlelerine göre 4 farklı yöne yönlendirerek, sınıflandırır. Sınıflandırma işleminin doğruluğu yapılan işlemlerin zamanlama uyumuna doğrudan bağlıdır (Şekil 5).

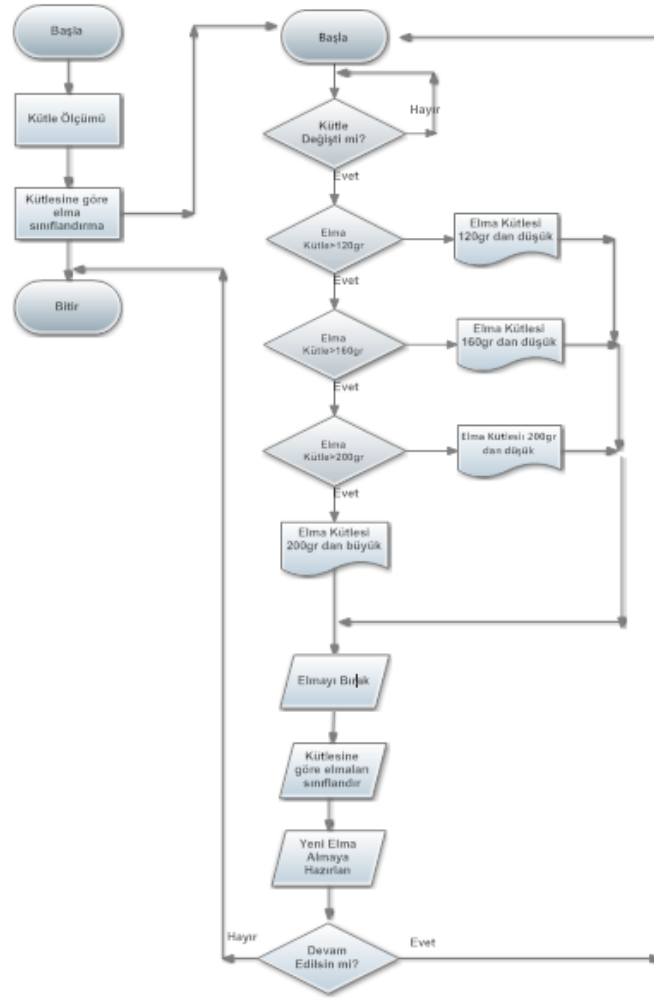


Şekil 5: Ayırıcı birim

#### Sistemin Çalışması

Bu sistemde, "el" olarak adlandırılan plastik kısma düşen elma, yük hücresi tarafından algılanır ve elmanın kütlesi ile doğru orantılı olarak transmitter yardımı ile 0-10 V aralığında gerilim oluşturur. Kütleyle bağlı olarak oluşturulan gerilim PLC'nin analog modülüne aktarılır. Tartım biriminde meydana gelen titreşimlerin bozucu etkisini önlemek amacıyla düşme anından 3sn sonra analog modülüne gelen gerilim değeri kalibrasyon fonksiyonuna gönderilmektedir. Kalibrasyon fonksiyonunda yapılan hesaplamalar sonucu elmanın gerçek kütlesi bulunur. Bulunan kütle değerinin karşılaştırma komutları kullanılarak, elmanın hangi kütle sınıfına ait olduğu belirlenir. Bu işlemleri gerçekleştirecek PLC programının akış diyagramı aşağıda verilmiştir (Şekil 6).

PLC algoritması sonuçlarına göre elmanın kütlesine göre dört farklı sınıfa ayrılması işlemi ayırıcı birimde gerçekleştirilir. Tartım sistemindeki elin redüktörlü DC motor yardımı ile açılması ile sınıflandırılacak elma ayırıcı birime ulaşır. Ayırıcı birime ulaşan elmalar PLC'nin gönderdiği sınıf bilgisini içeren komutlara göre pnömatik pistonlar yardımı ile dört farklı sınıfa ayrılırlar.



Şekil 6: PLC akış diyagramı

### Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, geliştirilen kütle duyarlı elma sınıflandırma sistemi yardımı ile Golden, Starking ve Jonagold türü elmalar kütlelerine göre olmak üzere toplamda dört sınıfa başarı ile ayrıştırılmıştır (Tablo 2). TSE (Türk Standartları Enstitüsü) tarafından hazırlanan elma standartları, elmaları iriliklerine göre iki boyda (İri/Normal) sınıflandırmıştır. Bu çalışmada, elmaların standartlara uygun olarak iriliklerine göre iki sınıfa ayrıştırılabilir olmasına rağmen sınıf sayısı artırılmıştır. Böylelikle daha esnek bir sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 2: Sınıflandırma Sonuçları

Sınıf	Aralık	Jonagold	Golden	Starking
En Büyük	Kütle $\geq$ 200 gr	62	43	140
Büyük	200 gr>Kütle $\geq$ 160 gr	52	71	80
Normal	160 gr >Kütle $\geq$ 120 gr	41	97	33
Küçük	120 gr>Kütle	28	45	28
Toplam Adet		183	256	281

Endüstriyel otomasyon sistemleri kullanılarak elmaların sınıflandırılmasının yapılması insan kaynaklı hataların en aza indirilmesini mümkün kılacaktır. Bununla birlikte üretimin hızlandırılması ve maliyetlerin azalması sağlanacaktır.

Gerçekleştirilen kütlesine göre elma sınıflandırma uygulamasında karşılaşılan sonuçlardan bir diğeri de elmanın tartım sistemine belli bir yükseklikten düştüğü anda meydana gelen titreşimdir. Oluşan titreşim tartım işleminde hataların meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bu sonucun ortadan kaldırılması için tartım işlemi, elmanın el üzerine düşmesinden 3sn sonra yapılmıştır.

Tartım işleminin 3sn sonra yapılması dakikada sınıflandırılan elma sayısında azalmaya neden olmuştur. Bu sistem ile kütlesine göre bir dakikada sınıflandırılan elma sayısı 10 adette kalmıştır. Sayının az olmasının diğeri nedeni de elmaların tartıldığı “el” kısmından bir adet olması ve elmaların tartıldığı kısım ile ayrıştırıldığı ayırıcı birim arasının, mesafe olarak kısa olmasıdır. Gerekli düzenlemeler maliyeti çok artırdığından dolayı gerçekleştirilememiştir. Bu durum bundan sonraki çalışmalarda dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan bir tanesidir.

#### Kaynakça

- Kurtulan S. (2003). *PLC ile Endüstriyel Otomasyon*. Birsen yayın evi, 3.Baskı, sf:1
- Aydogmus Z. (2009). Implementation of a Fuzzy-based level control using SCADA. *Expert Systems with Applications*, 36, 6593-6597
- Faostat. (2011). <http://faostat.fao.org> adresinden 31.10.2011 tarihinde alınmıştır.
- Leemans V., Destain M. F. (2004). A real-time grading method of apples based on features extracted from defects. *Journal of Food Engineering*, 61(1), 83–89
- Li Q., Wang M., Gu W. (2002). “Computer vision based system for apple surface defect detection”, *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2), 215–223
- Wen Z., Tao Y. (1999). Building rule-based machine vision system for defect inspection on apple sorting and packing lines, *Expert Systems with Applications*, 16, 307–313
- Kavdir İ., Guyer D.E. (2008). Evaluation of different pattern recognition techniques for apple sorting. *Biosystems Engineering*, 99, 211 – 219
- Unay D., Gosselin B. (2007). Stem and calyx recognition on ‘Jonagold’ apples by pattern recognition. *Journal of Food Engineering*, 78, 597–605
- Tekin Y., Editör: Öztaş K. (1995). *Tarım Alet ve Makinaları*. Anadolu Üniversitesi Yayın no:861 4.Baskı, sf:314-315
- Daneels A., Salter W. (1999). What is Scada?. *Proceeding of the 7th international conference on Accelerator and large Experimental Physics Control Systems Trieste*. Italy,1-2