

**SİLO OTOMASYON SİSTEMİNİN
BULANIK MANTIK İLE KONTROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serkan SATUK
DANIŞMAN
Yrd. Doç. Dr. Uğur FİDAN

BİLGİSAYAR ANABİLİM DALI
Temmuz, 2011

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SİLO OTOMASYON SİSTEMİNİN BULANIK MANTIK İLE
KONTROLÜ**

Serkan SATUK

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Uğur FİDAN

BİLGİSAYAR ANABİLİM DALI

Temmuz, 2011

TEZ ONAY SAYFASI

Serkan SATUK tarafından hazırlanan “Silo Otomasyon Sisteminin Bulanık Mantık ile Kontrolü” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 07/07/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Bilgisayar Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Uğur FİDAN

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Fatih Onur HOCAOĞLU İmza
Mühendislik Fakültesi,

Üye : Yrd. Doç. Dr. Uğur FİDAN İmza
Mühendislik Fakültesi,

Üye : Yrd. Doç. Dr. Uçman ERGÜN İmza
Mühendislik Fakültesi,

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Enstitü Müdürü
Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI
Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

19/07/2011

Serkan SATUK

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| ÖZET..... | iii |
| ABSTRACT..... | iv |
| TEŞEKKÜR..... | v |
| SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ..... | vi |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | vii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ..... | x |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. GENEL BİLGİLER..... | 4 |
| 2.1 Silo Nedir?..... | 4 |
| 2.2 Türkiye’deki Silo Durumları..... | 6 |
| 2.3 Silonun İşletilmesi..... | 9 |
| 2.3.1 Alım İşlemi..... | 10 |
| 2.3.2 Satış İşlemi..... | 11 |
| 2.3.3 Transfer ve İlaçlama İşlemi..... | 11 |
| 2.4 Silo Otomasyonu..... | 12 |
| 2.5 Hububat Depolamasında Dikkat Edilecek Hususlar..... | 16 |
| 3. UZMAN SİSTEMLER..... | 18 |
| 3.1 Uzman Sistem Çeşitleri..... | 21 |
| 3.1.1 Bulanık Mantık..... | 21 |
| 3.1.1.1 Bulanık Mantığın Uygulama Alanları..... | 23 |
| 3.1.1.2 Bulanık Mantığın Avantajları ve Dezavantajları..... | 25 |
| 3.1.1.3 Bulanık Kontrolörün Genel Yapısı..... | 25 |
| 3.1.1.4 Üyelik Fonksiyonları..... | 26 |
| 3.1.2 Yapay Zeka..... | 29 |
| 3.1.2.1 Yapay Sinir Hücresi..... | 30 |
| 3.1.3 Genetik Algoritma..... | 31 |
| 4. MATERYAL VE METOD..... | 33 |
| 4.1 Silo Maketinin Hazırlanması:..... | 35 |
| 4.2 PIC Yazılımı..... | 42 |
| 4.3 PC Yazılımı..... | 43 |

| | |
|---|----|
| 4.4 Bulanık Mantık Kümeleri ve Kural Tablosu..... | 51 |
| 5. BULGULAR..... | 56 |
| 5.1 Alım İşlemi..... | 57 |
| 5.2 Satış İşlemi..... | 59 |
| 5.3 Transfer ve İlaçlama İşlemi..... | 61 |
| 5.4 Örnek Uygulama..... | 64 |
| 6. TARTIŞMA VE SONUÇ..... | 66 |
| 7. KAYNAKLAR..... | 69 |
| 7.1 İnternet Kaynakları..... | 70 |
| EK-1 Devre Şeması..... | 71 |
| EK-2 Baskı Devreler..... | 72 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 73 |

ÖZET
Yüksek Lisans Tezi

SİLO OTOMASYON SİSTEMİNİN BULANIK MANTIK İLE KONTROLÜ

Serkan SATUK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Uğur FİDAN

Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile birlikte, hububatın insan hayatı için ne derece önemli olduğu bir kez daha teyit edilmiştir. Gelecekte insanlığın iki temel ihtiyacının su ve buğday olacağı görülmektedir. Su ve buğdayın tasarruflu kullanılması için alınacak önlemler uluslararası toplantıların en önemli gündem maddesini oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalar, dünya genelinde yılda yaklaşık 13 milyon ton tahılın yanlış depolama nedeniyle, yaklaşık 100 milyon ton tahılın ise zararlılar nedeniyle kayıp olduğunu göstermektedir.

Bu tezin amacı, Türkiye’de mevcut olan silo sistemlerinin hava kompresörlü sisteme dönüştürülerek alım, satış gibi işlemlerin daha kolay yapılabilmesinin sağlanması ve ilaçlama, transfer, havalandırma gibi işlemlerin otomatik yapılmasını sağlamaktır. Böylece depolamada yaşanan sıkıntıların ve depolamadan kaynaklanan kayıpların en aza indirilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışma sonucunda silolarda depolanan hububatın sıcaklık ve nem değerleri elektronik devre aracılığıyla ölçülmüş ve PC yazılımı aracılığıyla hububatın uygun sıcaklık ve nem değerlerinde saklanması sağlanmıştır. PC yazılımı aracılığıyla hububat alımı, satışı, transferi ve ilaçlama işlemleri raporlandırılarak silo otomasyon sistemi gerçekleştirilmiştir.

2011, x + 73 sayfa

Anahtar Kelimeler: Silo Sistemleri, Bulanık Mantık, Alım, Satış, Transfer, İlaçlama, Havalandırma, Hububat

ABSTRACT
M.Sc Thesis

SILO AUTOMATION CONTROL SYSTEM WITH FUZZY LOGIC

Serkan SATUK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Computer

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Uğur FİDAN

With global warming and climate change, grain is an important concern for human life has been confirmed once again. Water and wheat is expected to be two basic needs of humanity in the future. The precautions to be taken for efficient use of water and wheat is the most important agenda item of the international meetings. Researches show that loses, nearly 13 million tons due to improper storage of grain, nearly 100 million tons of grain due to pests per year worldwide.

The aim of this study is to make easier to perform transactions such as intake, sale, and to make operations such as disinfection, transfer automatically by converting the existing silo systems in turkey to air compressor system. Thus, it is aimed to minimize difficulties in storage and losses resulting from the storage. As a result of this study, temperature and humidity values of grain stored in silos were measured via an electronic circuit and it was provided to store the grain at the appropriate temperature and humidity via the PC software. The silo automation system was performed by reporting the intake, sale, transfer and disinfection operations of grain via the PC software.

2011, x + 73 pages

Keywords: Silo Systems, Fuzzy Logic, Intake, Sale, Transfer, Disinfection, Air Conditioning, Grain

TEŐEKKÖR

Tez alıőmam boyunca yardımlarını ve katkılarını esirgemeyerek alıőmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Uğur FİDAN'a, maddi ve manevi her türlü desteği veren eőim Sevinç SATUK'a ve aileme, özellikle silo maketinin hazırlanmasında büyük emeği geçen mesai arkadaőım İdiris AKSU'ya, teknik konularda yardımcı olan iőyerimiz makine mühendisi Ahmet DAYIOğLU'na, çeşitli katkılarından dolayı Şube Müdürümüz M. Ömer TANRIVERDİ'ye, Müdür Yardımcılarımız Adem TABAN ve İbrahim ZEYTUN'a, Servis Őefim Yücel DEMİRCİGEDİğİ'ne ve Alım Muhafaza Őefi Musa DEMİRKOL'a teşekkür ederim.

Serkan SATUK
AFYONKARAHİSAR, 2011

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

| | |
|-----|-------------------|
| °C | Centigrade degree |
| bps | Bytes Per Second |
| gr | gram |
| kg | Kilogram |
| sn | Saniye |

Kısaltmalar

| | |
|------|-----------------------------------|
| ARM | Anahtarlamalı Relüktans Motor |
| ART | Adaptive Resonance Theory |
| LDR | Light Dependent Resistor |
| LVQ | Learning Vector Quantization |
| MEB | Milli Eğitim Bakanlığı |
| MLP | Multilayer perceptrons |
| PC | Personel Computer |
| PCA | Principal Component Analysis |
| PI | Proportional Integral |
| PIC | Programmable Interface Controller |
| PID | Proportional Integral Derivative |
| SAGF | Seri Aktif Güç Filtresi |
| SOM | Self Organizing Map |
| TMO | Toprak Mahsulleri Ofisi |

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Şekil 2.1 Ahşap Silo..... | 4 |
| Şekil 2.2 TMO Afyonkarahisar Şube Müdürlüğü - Beton Siloları..... | 5 |
| Şekil 2.3 TMO Aksaray Şube Müdürlüğü - Çelik Silolar | 5 |
| Şekil 2.4 Yatay Depo | 6 |
| Şekil 2.5 Silonun Çalışması | 10 |
| Şekil 2.6 PLC- Scada Program Arayüzü..... | 12 |
| Şekil 2.7 Manuel Silo Otomasyonu | 12 |
| Şekil 2.8 Silo Kuyuları Altı (Teleskop) | 13 |
| Şekil 2.9 Hububat Rutubet Ölçüm Cihazları | 14 |
| Şekil 2.10 Silo içinden kamyonu yükleme işlemi | 15 |
| Şekil 2.11 Zeminden vakum ile silo dolumu | 15 |
| Şekil 3.1 Uzman Sistem Çeşitleri | 21 |
| Şekil 3.2 Bulanık Mantığın Uygulama Alanları | 24 |
| Şekil 3.3 Bulanık kontrolörün genel yapısı..... | 25 |
| Şekil 3.4 Üyelik Fonksiyonunun Kısımları | 27 |
| Şekil 3.5 Üçgen üyelik fonksiyonu | 27 |
| Şekil 3.6 Yamuk Üyelik Fonksiyonu..... | 28 |
| Şekil 3.7 Gauss (Çan Eğrisi) Üyelik Fonksiyonu | 28 |
| Şekil 3.8 Yapay Sinir Hücresi..... | 31 |
| Şekil 3.9 Genetik Algoritma Temel Çalışma Mantığı Blok Diyagramı | 32 |
| Şekil 4.1 Bulanık mantık kontrollü silo otomasyon sisteminin blok diyagramı..... | 33 |
| Şekil 4.2 Sistem donanımının blok diyagramı | 34 |
| Şekil 4.3 Silo kuyularının iskelete oturtulması | 35 |
| Şekil 4.4 Silonun tamamlanmasının ilk aşaması..... | 36 |
| Şekil 4.5 Siloya hava ile ürün basma ilk denemesi..... | 37 |
| Şekil 4.6 Hücre Tekerleri | 37 |
| Şekil 4.7 Venturi | 38 |
| Şekil 4.8 Kuyu altı hububat toplama bölümü | 38 |
| Şekil 4.9 Hububatın tıkanıdığı bölümler..... | 39 |

| | |
|--|----|
| Şekil 4.10 (Y) şeklindeki borular değiştirildi | 39 |
| Şekil 4.11 Silo maketinin revize edilmiş hali | 40 |
| Şekil 4.12 Sensörlerin yerleştirilmiş hali | 41 |
| Şekil 4.13 İlaçlama ünitesinin yerleştirilmiş hali | 41 |
| Şekil 4.14 PIC Yazılımı Akış Diyagramı | 42 |
| Şekil 4.15 Microsoft Visual Basic 2008 Derleyicisi | 43 |
| Şekil 4.16 PC Programının Arayüzü | 44 |
| Şekil 4.17 PC Yazılımı - Seri Port Ayarları | 44 |
| Şekil 4.18 PC Yazılımı - Bağlantı Kuruldu | 45 |
| Şekil 4.19 Excel dosyası – “Kuyular” Sayfası | 45 |
| Şekil 4.20 Excel dosyası - "İşlemler" Sayfası | 46 |
| Şekil 4.21 Excel Dosyası – “Sıcaklık-Nem” Sayfası | 46 |
| Şekil 4.22 PC Yazılımı - İstenilen Değerler Bölümü | 47 |
| Şekil 4.23 PC Yazılımı - Mesaj Penceresi | 47 |
| Şekil 4.24 PC Yazılımı - İşlemler Bölümü | 48 |
| Şekil 4.25 PC Yazılımı - Hububat Durum Penceresi | 48 |
| Şekil 4.26 PC Yazılımı - Animasyon Bölümü | 49 |
| Şekil 4.27 PC Yazılımı Akış Diyagramı | 50 |
| Şekil 4.28 Sıcaklık Test Grafiği (TMO 1989) | 51 |
| Şekil 4.29 Mutlak Nem Hesaplama Grafiği (TMO 1989) | 52 |
| Şekil 4.30 Mutlak Neme Göre Test Grafiği (TMO 1989) | 53 |
| Şekil 4.31 Bulanık Kümeler | 55 |
| Şekil 5.1 Silo Otomasyon Sisteminin Son Hali | 56 |
| Şekil 5.2 Alım İşlemi - Plaka Girilmesi | 57 |
| Şekil 5.3 Alım İşlemi – Kuyuya Ürün Alınması | 58 |
| Şekil 5.4 Alım İşlemi – Yolun Boşaltılması ve Alımın Sonlandırılması | 58 |
| Şekil 5.5 Satış İşlemi - Plaka Girilmesi | 59 |
| Şekil 5.6 Satış İşlemi – Kuyudan Ürün Satışı | 60 |
| Şekil 5.7 Satış İşlemi – Satış Yolunun Açılması | 60 |
| Şekil 5.8 Satış İşlemi – Yolun Boşaltılması ve Satışın Sonlandırılması | 61 |
| Şekil 5.9 Transfer İşlemi | 62 |
| Şekil 5.10 İlaçlama İşleminin Yapılması | 63 |

| | |
|--|----|
| Şekil 5.11 Transfer İşlemi - Kuyuya Ürünün Boşaltılması..... | 63 |
| Şekil 5.12 Transfer İşlemi – Yolun Boşaltılması ve Transferin Sonlandırılması | 64 |
| Şekil 5.13 Transfer Sırasındaki Sıcaklık - Nem Grafiği | 65 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Çizelge 2.1 TMO İşyerlerindeki Depo Grupları ve Kapasiteleri (TMO 2010) | 7 |
| Çizelge 2.2 Devreden (Haziran) Depo Stok Miktarları (TMO 2010)..... | 8 |
| Çizelge 2.3 TMO'nun Depolama Kapasitesi (TMO 2010) | 9 |
| Çizelge 4.1 Bulanık Mantık Kural Tablosu | 55 |
| Çizelge 5.1 Ölçülen Sıcaklık - Nem Değerleri | 65 |

1. GİRİŞ

Hububat; buğday, arpa, mısır, yulaf, çavdar, pirinç gibi hasat edilen ürünler ile tohumlarının genel adıdır. Hububat depolaması, ihtiyaç fazlası tahılların çeşitli amaçlarla değerlendirilmesine kadar bir plan dâhilinde belli depolarda çeşitli şekillerde stok edilmesi işlemidir. Tahılları depolamanın amacı; ürünün depolandıktan, tüketime verilinceye kadar bir kıymet kaybına uğramadan en iyi şekilde saklanmasıdır.

Hububat depolamasında karşılaşılan sorunlar şu şekilde sıralanabilir (MEB 2010):

- **Koku:** Gerek ürün bünyesindeki protein ve karbonhidratların parçalanması, gerekse mikroorganizmaların faaliyeti sonucu meydana gelen fermantasyon sonrası ekşi-tatlı, alkol kokuları ile kükürt kokuları oluşabilir. Bu kokular ürüne sindiğinde telafisi mümkün olmaz.
- **Kızışma:** Tahıl taneleri tenneffüs faaliyetleri sırasında havadan oksijen alır ve tane bünyesindeki karbonhidratlarla reaksiyona girme sonucunda su buharı, karbondioksit ve enerji açığa çıkarır. Ortaya çıkan su buharı ve ısı tanenin tenneffüsünü daha da arttırarak neticede tane ısısı arzu edilmeyen dereceye (örneğin 70-80 °C) çıkabilir. Bunun ileriki aşamasında kızışma meydana gelir.
- **Küflenme:** Tahıl tanelerindeki rutubetin ve ortam sıcaklığının yükselmesi halinde taneler üzerinde küf mantarları faaliyete geçerek kısa sürede gelişir. Koloniler oluşturarak tanelerdeki nişasta ve proteinleri parçalar. Küfler tanede kimyasal değişikliklere neden olur ve ürünler gerek insan gerek hayvanlar tarafından kullanılamaz hale gelir.
- **Çimlenme:** Su ve sıcaklık bir araya geldiğinde tohum su çekerek şişer ve tahıl filiz vermeye başlar. Çimlenme adı verilen bu olayda tahılın gıda değeri tamamen yok olur ve besin kullanılamaz hale gelir.
- **Çürüme:** Kızışma olayının ilerlemiş safhası olup taneyi meydana getiren maddelerin tamamen parçalanması ve gıda özelliğini yitirmesidir. Çürüyen üründen ancak gübre olarak istifade edilebilir.
- **Tutukluk:** Kızışma olayında tanede rutubet arttığandan, artan rutubet taneyi yumuşatır ve yumuşama sonucu taneler birbirine yapışarak tutukluk meydana gelir.

- **Yanma:** Ürün ısısının 70 dereceye yükselmesi sonucu tanelerin kömürleşmesi olayıdır.
- **Haşereleşme:** Ürünün depoda ambar zararlılarının faaliyetleri sonucu tahrip edilmesidir.

Bülent Tutar, 2010 yılında yaptığı “Adana İli ve İlçelerindeki Yatay Betonarme Hububat Depo Yapılarının Mevcut Durumu, Geliştirme Olanakları, Planlanması ve Lisanslı Depoculuk” isimli yüksek lisans çalışmasıyla, depoların inşa edilmeden önce teknik olarak doğru planlanması ve inşa edilmesi ile depoda hububata zarar verebilecek en önemli etken olan nem oranının, kontrol altında tutulabileceğini belirlemiştir (Tutar 2010).

Halef Dizlek, Hülya Gül ve Ramazan Kılıçdağı, “Tahılların Depolanmasında En Sık Karşılaşılan Sorunlar ve Bu Sorunların Çözüm Önerileri” başlıklı çalışmalarında, hububat depolaması sırasında dikkat edilmesi gereken hususlara tam uyulmaması sonucu oluşan sorunlara ve bunların çözümüne yönelik önerilere değinmiş, ayrıca tahılların depolanması sırasında dikkat edilmesi gereken hususları vurgulamıştır (Dizlek vd., 2008).

Semih Özden, 2007 yılında yaptığı “Bir Elektrikli Asansör Sisteminin Bulanık Mantık Tekniği ile Denetimi” isimli yüksek lisans çalışmasıyla, Anahtarlamalı Relüktans Motoru (ARM), asansör tahrik sisteminde kullanarak, motorun hız denetiminde bulanık mantık algoritması kullanmıştır. Katlar arası mesafenin fazla olduğu durumlarda diğer asansör sistemlerinin tercih ettiği sabit hız yerine değişken hız kullanılarak yolculuk süresi kısaltılmıştır. Kabin hızındaki artış (ivmelenme), içerisindeki yolcuları rahatsız etmeyecek şekilde ayarlanmıştır (Özden 2007).

İsmail Atacak ve Ömer Faruk Bay, 2004 yılında yapmış oldukları “Bulanık Mantık Denetimli Seri Aktif Güç Filtresi Kullanılarak Harmonik Gerilimlerin Bastırılması” isimli çalışmada, şebeke gerilimi içerisinde bulunan harmonik gerilimleri bastıran bulanık mantık denetleyicili (BMD) bir seri aktif güç filtresinin (SAGF) tasarımını anlatmış ve bulanık mantık denetleyicili seri aktif güç filtresinin PI denetleyicili seri aktif güç filtresinden daha iyi bir şebeke regülasyonu gerçekleştirdiğini belirtmişlerdir (Atacak ve Bay, 2004).

Bu çalışmada, hububat depolarındaki sıcaklık ve nem kontrol altında tutularak, yüksek nem ve sıcaklığın sebep olduğu; kızışma, çimlenme, küflenme, çürüme ve haşereleşme gibi sonuçları en aza indirerek hububatın depolarda daha uzun süre sağlıklı bir biçimde korunması ve saklanması hedeflenmiştir. nceki çalışmalardan farklı olarak, gerekli uzman personel sayısını en aza indirmesi ve kontrolün tamamen uzman bir otomasyon sistemi aracılığı ile sağlanması hedeflenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Silo Nedir?

Silo, silindir biçiminde beton, çelik veya ahşaptan yapılmış dikey depodur. Silo içerisinde genellikle buğday, arpa, çavdar, mısır, soya, çeltik gibi tahıl ürünleri depolanır.

İyi ve uzun süreli bir depolama için, silo içerisine stoklanan ürünün rutubeti çok önemlidir. Bu oran % 14 ve altında olmalıdır. Ürünün ya da silonun şartlara uygun olmaması durumunda depolanan tahılda sorunlar meydana gelmektedir. Tahıl gerek silo içerisinde, gerekse taşıyıcılar vasıtasıyla taşınırken, dış ortamdan izole edildiğinden, gerekli hijyen koşulları kısmen kendiliğinden oluşmuş olur. İhtiyaç durumunda, siloya aktarılacak olan tahıla ilaçlama yapılabilir. Silo içindeki tahılda haşereleşmenin olmaması için sıcaklık ve nem değerlerinin belirli sınırlar içerisinde tutulması gereklidir. Bunu sağlamak için de uygun hava koşulları sağlandığında havalandırma fanları çalıştırılır. Depolamada siloların tercih edilmesinin birkaç sebebi vardır. Bunlar; siloların tahılın uzun süre bozulmadan depolanmasına elverişli olması, depolanan tahılın silo boşaltıcıları vasıtasıyla kolaylıkla boşaltılabilmesi, silolar arasında aktarımının kolay olması ve bunun için fazla personele ihtiyaç duyulmamasıdır. Böylelikle işçilikten ve zamandan tasarruf edilmiş olur.

Silolar; ahşap, beton veya çelikten imal edilebilir. Ahşap silolar; inşaat malzemelerinin büyük bir kısmının ahşaptan oluştuğu silolardır. Yangın tehlikesine karşı ve haşere barındırmasına müsait olması sebebiyle tercih edilmemektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Ahşap Silo

Beton silolar; kum, çakıl, çimento ve demir karışımından yapılmış olan, içerisinde değişik tonajlarda kuyular bulunan silolardır (Şekil 2.2). Temizleme, transfer, ilaçlama ve aktarma işlemleri mekanik olarak yapılır. Personel ve işten tasarruf sağladığı gibi ürün muhafazası için en ideal olan depolardır.



Şekil 2.2 TMO Afyonkarahisar Şube Müdürlüğü - Beton Siloları

Çelik Silolar ise temeli hariç bütün aksamının çelik saçlardan yapıldığı silolardır (Şekil 2.3). İçerisinde çeşitli tonajlarda çelik tanklar (kuyular) bulunur. Bu silolarda da ürün alımı, temizlemesi, transferi, ilaçlaması gibi işlemler yine mekanik yollarla yapılır. Ürün muhafazası için beton silolara göre daha az elverişlidir.



Şekil 2.3 TMO Aksaray Şube Müdürlüğü - Çelik Silolar

Hububat depolamasında silolar tercih edilmesine rağmen, siloların yetersizliği sebebiyle hububat, yatay depolarda ve maydülerde depolanabilir. Yatay depolar, Şekil 2.4'teki gibi betonarme yapılarda olup düz veya yarı mekanik yapıda olabilir.



Şekil 2.4 Yatay Depo

Maydüler; modern açık yığın depolama üniteleri olup, yığın altı sıkıştırılmış zemin, parke, taş veya asfalttır. Alta özel örtüsü veya polietilen de serilebilmektedir. Yığın üzeri yine özel plastik örtüyle kapatılmaktadır. Oval veya dairesel kesitli olabilmekte ve 2.500 - 5.000 - 10.000 tonluk veya daha değişik tonajlarda yapılabilmektedir. Maydüler uzun süreli depolamaya uygun değildirler.

2.2 Türkiye'deki Silo Durumları

Türkiye'de sadece TMO'ya ait toplam 495.000 ton kapasiteli yatay depolar ve 1.282.030 ton kapasiteli iç silolar bulunmaktadır. Bu siloların buldukları konumlara göre dağılımı Çizelge 2.1'deki gibidir.

Çizelge 2.1 TMO İşyerlerindeki Depo Grupları ve Kapasiteleri (TMO 2010)

| ŞUBELER | LİMAN SİLO VE YATAY DEPOLARI | İÇ SİLOLAR | YATAY DEPOLAR | MAYDÜLER | TOPLAM KULLANILABİLİR DEPO |
|---------------|------------------------------|------------------|------------------|----------------|----------------------------|
| EDİRNE | | 2,000 | 105,000 | 90,000 | 197,000 |
| KIRKLARELİ | | 32,300 | 40,400 | 120,000 | 192,700 |
| TEKİRDAĞ | 72,000 | 4,000 | 102,500 | 60,000 | 238,500 |
| DERİNCE | 95,000 | | | | 95,000 |
| BANDIRMA | 20,000 | 74,500 | 111,500 | 10,000 | 216,000 |
| AKÇAKOCA | | 19,600 | | | 19,600 |
| İZMİR | 72,000 | 60,010 | 71,400 | | 203,410 |
| AFYON | 10,000 | 10,000 | 1,000 | | 21,000 |
| ESKİŞEHİR | | 40,000 | 42,200 | 5,000 | 87,200 |
| KIRIKKALE | | 29,000 | 42,000 | 25,000 | 96,000 |
| POLATLI | | 189,200 | 30,500 | 45,000 | 264,700 |
| AKSARAY | | 24,000 | 70,500 | 7,500 | 102,000 |
| AKŞEHİR | | 30,500 | 61,000 | 10,000 | 101,500 |
| KONYA | | 147,900 | 211,000 | 50,000 | 408,900 |
| ADANA | | 54,400 | 189,500 | 45,000 | 288,900 |
| İSKENDERUN | 60,000 | 19,600 | 26,001 | 25,000 | 130,601 |
| MERSİN | 100,000 | | 43,000 | | 143,000 |
| GAZİANTEP | | 51,400 | 79,000 | 5,000 | 135,400 |
| SAMSUN | 36,000 | 35,400 | 18,504 | 5,000 | 94,904 |
| TRABZON | 30,000 | | | | 30,000 |
| ERZURUM | | 66,000 | 53,500 | | 119,500 |
| DİYARBAKIR | | 112,000 | 129,000 | 10,000 | 251,000 |
| ŞANLIURFA | | 68,500 | 159,500 | | 228,000 |
| KAYSERİ | | 119,300 | 50,500 | 12,500 | 182,300 |
| KIRŞEHİR | | 28,600 | 35,000 | 35,000 | 98,600 |
| YERKÖY | | 63,820 | 11,530 | 40,010 | 115,360 |
| TOPLAM | 495,000 | 1,282,030 | 1,684,035 | 600,010 | 4,061,075 |

Dünyada son yıllarda yaşanan küresel ısınma ve iklim değişikliği, hububatın insan hayatı için ne derece önemli olduğunu bir kez daha teyit etmiştir. Gelecekte insanlığın iki temel ihtiyacının su ve buğday olacağı, uluslararası toplantıların önemli gündemini oluşturmaktadır. Ülkemiz de yaşanan bu gelişmelerden etkilenmiştir. Ülkemiz hububat piyasalarına bakıldığında, Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre, 2006 yılında 20 milyon ton civarında olan buğday üretimi yaşanan olumsuz iklim şartları nedeniyle 2007

yılında 17,23 milyon tona düşmüştür. 2008 yılı buğday üretimi 17,78 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2009 yılı buğday üretimi ise 20,60 milyon tondur.

Çizelge 2.2 Devreden (Haziran) Depo Stok Miktarları (TMO 2010)

| YILLAR | EKM. BUĞDAY | MAK. BUĞDAY | BUĞDAY TOPLAM | ARPA | ÇAVDAR | YULAF | MISIR | ÇELTİK | PİRİNÇ | FINDIK | TOPLAM |
|--------|-------------|-------------|---------------|---------|--------|-------|---------|--------|--------|----------|-----------|
| 1998 | 1.429.744 | 391.764 | 1.821.508 | 191.906 | 53.283 | 3.648 | 45.389 | 20.249 | 7.78 | - | 2.143.763 |
| 1999 | 1.456.202 | 718.074 | 2.174.276 | 136.436 | 69.797 | 12463 | 5.954 | 13.758 | 6.425 | - | 2.419.109 |
| 2000 | 1.338.932 | 444.913 | 1.783.845 | 135.853 | 431 | 5.977 | 66.304 | 13.94 | 6.304 | - | 2.012.654 |
| 2001 | 1.613.659 | 220.089 | 1.833.748 | 219.41 | 2.406 | 291 | 0 | 18.181 | 8.015 | - | 2.082.051 |
| 2002 | 129.791 | 946.955 | 1.076.746 | 501.874 | 7.166 | 111 | 9 | 6.171 | 17.504 | - | 1.609.581 |
| 2003 | 127.34 | 831.834 | 959.174 | 192.352 | 22.413 | 2302 | 287 | 28.062 | 11.198 | - | 1.215.788 |
| 2004 | 346.336 | 898.929 | 1.245.265 | 16.271 | 0 | 0 | 17.074 | 64.18 | 4.16 | - | 1.346.950 |
| 2005 | 436 | 699 | 1.135.000 | 26.496 | 1.599 | 0 | 417.487 | 13.456 | 3.032 | - | 1.597.070 |
| 2006 | 486.966 | 50.665 | 537.631 | 223.784 | 8.104 | 4.854 | 6.19 | 10.863 | 1.669 | - | 793.095 |
| 2007 | 188.701 | 2.405 | 191.106 | 62 | 0 | 0 | 47.71 | 27.667 | 2.119 | 88.428 | 357.092 |
| 2008 | 319.932 | 2.461 | 322.393 | 5 | 0 | 0 | 23.651 | 1.661 | 1.356 | 353.322 | 702.388 |
| 2009 | 527.991 | 76.125 | 604.116 | 33.376 | 0 | 0 | 705.47 | 484 | 22.015 | 517.000* | 1.882.461 |

(*) 19.08.2009 tarihi itibarıyla fındık stok rakamlarıdır.

TMO depolarında her yıl ortalama 1.5 milyon ton hububat her yıl devretmekte ve TMO stoklarında muhafaza edilmektedir (Çizelge 2.2).

Türkiye’de 4,061 milyon tonu TMO’da, 7 milyon tonu özel sektörde olmak üzere yaklaşık 11,1 milyon tonluk depolama kapasitesi mevcuttur. TMO’nun sahip olduğu 4.061 milyon ton depolama kapasitesinin 2,4 milyon tonu havalandırılmalı depolardır. TMO depolarının yaklaşık 1,8 milyon tonu tarım ürünleri lisanslı depoculuk faaliyetlerinde bulunmak için yeterli niteliklere sahiptir. Yapılacak bazı revizyonlarla bu kapasite 2,5 milyon tona çıkarılabilecektir (TMO 2010).

Türkiye’de ticarete konu olan hububat miktarının 18-21 milyon ton olduğu göz önüne alındığında teknik depolamada kapasite eksikliği ile birlikte bu ürünlerin muhafazasının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesinde eksiklikler ortaya çıkmaktadır.

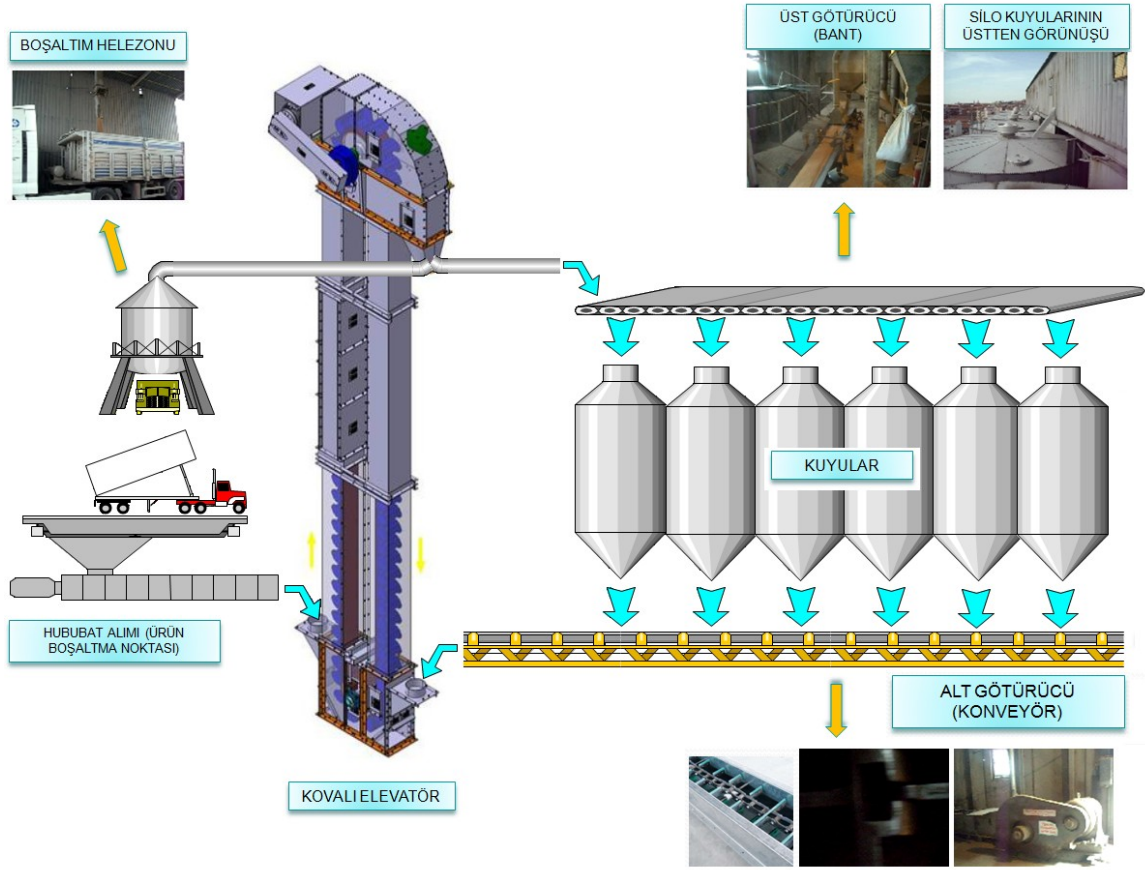
Çizelge 2.3 TMO'nun Depolama Kapasitesi (TMO 2010)

| TMO Depo Tipleri | Miktar (Ton) |
|--|---------------------|
| Liman Depoları | 495.000 |
| İç Silolar | 1.282.030 |
| Yatay Depolar | 1.684.035 |
| MAYDÜ (Modern Açık Yıgın Depolama Üniteleri) | 600.010 |
| TOPLAM | 4.061.075 |

Yatay depolarda ve iç silolarda depolanan ürün miktarı TMO stokunun yaklaşık %73'ünü kapsamaktadır (Çizelge 2.3). Bu nedenle yatay depolarda ve silolarda depolanan ürünlerin daha sağlıklı ve en az ürün kaybı ile saklanabilmesi amacıyla yatay depolardaki sistemlerin revize edilerek, mevcut silo otomasyon sistemlerinin ise geliştirilerek uzman sistemlere dönüştürülmesi büyük önem arz etmektedir.

2.3 Silonun İşletilmesi

Türkiye'deki hububat depolama sistemleri çok çeşitlilik göstermekle birlikte genel çalışması birbirine benzemektedir. Bu nedenle örnek olarak Şekil 2.5'teki gibi mevcut çelik siloların çalışması anlatılacaktır.



Şekil 2.5 Silonun Çalışması

2.3.1 Alım İşlemi

Alım işlemi yapılacağı zaman hububat dolu araç (kamyon, traktör vb.) kantara girer ve kantar fişi kesilerek brüt ağırlık not edilir. Daha sonra kamyon, ürün boşaltım noktasına gider. Siloyu çalıştıracak olan personel, üst götürücü bandın oraya çıkar ve gelen ürün çeşidine göre hububat hangi kuyuya boşaltılacaksa, üst götürücü bandın arabasını o kuyunun ağzına ayarlar. Sonra aşağı inerek kumanda odasından gerekli olan mekanik aksamı çalıştırır. Bu arada kamyon, damperini kaldırarak ürünü boşaltır. Ürün buradan konveyör ile kovalı elevatöre iletilir. Kovalı elevatör (bazı sistemlerde kovalı elevatör yerine dik helezon da bulunabilir) vasıtasıyla ürün yukarı çıkar ve burada ayrı bir kantara dökülür. Bu kantarlar genellikle 100 kg'da veya 200 kg'da bir 1 tumba atar (tumba miktarı da alım bitince ayrıca deftere işlenir) ve ürünü üst götürücü banda boşaltır. Banda aktarılan ürün ilgili kuyuya boşalır. Kamyon ürünü tamamen boşalttıktan sonra ikinci kez kantara girerek darası tartılır ve net alınan ürün miktarı kaydedilir.

2.3.2 Satış İşlemi

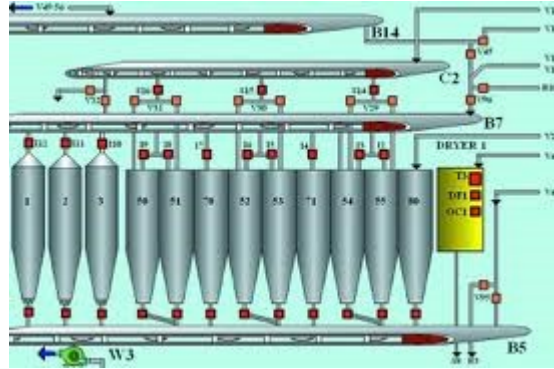
Satış işlemine başlamadan önce kamyon kantara girer ve darası tartılır. Daha sonra kamyon boşaltım helezonunun altına girer. Bu arada görevli personel hangi kuyudan ürün satılacaksa o kuyunun altını açar (beton silolarda teleskop denilen tekerlekli aleti kuyu altına götürür). Kumanda odasından gerekli mekanik aksam çalıştırılır. Kuyu altındaki alt götürücüye (genellikle zincirli konveyördür) akan ürün kovalı elevatör vasıtasıyla yukarıya çıkar. Yukarıda satış kantarına dökülür. Satış kantarından boşaltım helezonu aracılığıyla ürün kamyonu boşalır. Satış kantarı genellikle yaklaşık 600 kg'da bir tumba (bu ağırlık değişiklik gösterebilir) ürün tartar ve örneğin 18 ton ürün satılacaksa tumba sayısı $18.000 \text{ kg} / 600 \text{ kg} = 30$ tumba olarak belirlenir ve tumba sayısı hedeflenen tumbaya ulaştığında sistem durdurulur. Satılan ürünün gerçek ağırlığı ise kamyonun dolu bir şekilde tekrar kantara girmesi sonucunda belirlenir.

2.3.3 Transfer ve İlaçlama İşlemi

Transfer işlemi genellikle bir kuyudan diğerine ürün aktarımı amacıyla veya havalandırma sistemi bulunmayan silolarda doğal havalandırma yaparak kuyunun içindeki ürünün her bölümündeki ısı ve nem miktarının eşitlenmesi amacıyla yapılır. Bazen de ürünün haşereleşmesini önlemek için ilaçlama amacıyla transfer yapılabilir. Transfer veya ilaçlamaya ihtiyaç duyulduğunda, görevli personel ilgili kuyu altını açar (veya ilgili kuyu altına teleskopu götürür) ve yine üst götürücü bant aktarım arabasını kuyu üst ağzına gelecek şekilde ayarlar. Kumanda odasından ilgili mekanik aksam çalıştırılır. Ürün kuyu altından konveyöre dökülerek kovalı elevatör aracılığıyla yukarı çıkar, burada üst götürücü banda dökülerek tekrar üst kuyu ağzından ilgili kuyuya dökülür.

2.4 Silo Otomasyonu

Türkiye'deki silo otomasyon sistemlerinin büyük kısmı manuel kumanda şeklinde olmakla birlikte son yıllarda üretilen silo sistemleri genellikle PLC tabanlı olmak üzere SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition = Üst Seviye Kontrol ve Veri Kazanımı) ve HMI (Human Machine Interface = İnsan Makine Arayüzü) aracılığıyla kontrol edilmektedir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 PLC- Scada Program Arayüzü

Manuel kontrollü silo sistemlerinde, silonun çalıştırılması, içindeki ürünlerin havalandırılması gibi işlemler genellikle personel kontrolüyle yapılmaktadır. Şekil 2.7'de görüleceği üzere kumanda odasından her motor ayrı ayrı kontrol edilmektedir.



Şekil 2.7 Manuel Silo Otomasyonu

Türkiye’deki mevcut siloların (özellikle beton silolar) birçoğu 1950’li yıllarda yapılmış ve büyük kısmında uzman kontrolü ve insan gücü gerekmektedir. Örneğin Şekil 2.8’deki gibi teleskop denilen bir alet, satış yapılacağı kuyu altına insan gücü ile sürüklenerek içindeki hububatın alt götürücü banda akması sağlanmaktadır.



Şekil 2.8 Silo Kuyuları Altı (Teleskop)

Silo sistemlerinde içindeki ürünün sıcaklığını, nemini ölçen sistemler yeni yapılan silo sistemlerinde bulunmakta ve basit olarak kontrolü PLC-SCADA aracılığı ile sağlanmaktadır. Buna rağmen havalandırma ve transfer işlemlerinin yapılmasına karar vererek işlemi otomatik yapan uzman sistemler henüz bulunmamaktadır.

Kuyulardaki hububatın rutubetinin ölçümü Şekil 2.9a ve Şekil 2.9b görülen ölçüm araçları yardımı ile yapılmaktadır.



a) Rutubet Ölçüm Cihazı – 1 (İnt.Kyn.1)

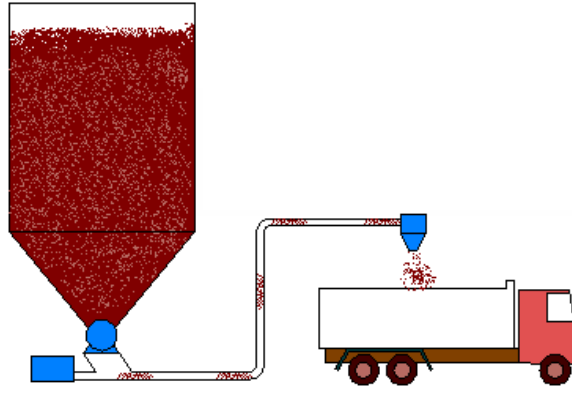


b) Rutubet Ölçüm Cihazı – 2 (İnt.Kyn.2)

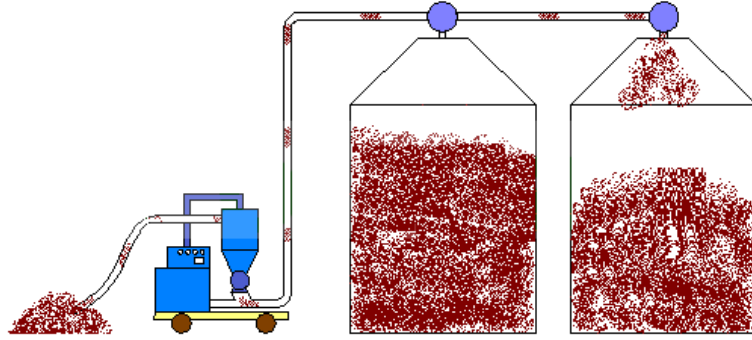
Şekil 2.9 Hububat Rutubet Ölçüm Cihazları

Silo sistemlerinin mekanik aksamalarında Türkiye’de halen kovalı elevatör, zincirli konveyör gibi ekipmanlar kullanılmaktadır. Bazı liman silolarında (Antalya gibi) pünomatik sistemler mevcuttur. Dünyada hububat depolama işlemlerinin büyük bir çoğunluğu artık pünomatik sistemler vasıtasıyla yapılmaktadır. Silo kuyularında depolanan ürünlerin sıcaklığı, nemi vb. değerleri artık yeni sistemlerle ölçülmeye başlamıştır.

Silo kuyularına hububat alımı ve silodan hububat satışı için kovalı elevatör, zincirli konveyör, götürücü bant gibi ekipmanlar kullanmak, hem bakım onarım maliyetlerinin yüksek olması hem de kontrolü açısından zor olması sebebiyle artık ürün alımı, satışı ve transferini hava basıncıyla yapmak tercih edilmelidir (Şekil 2.10 – Şekil 2.11).



Şekil 2.10 Silo içinden kamyonu yükleme işlemi



Şekil 2.11 Zeminden vakum ile silo dolumu

Hububat, yem, toz, granül, pvc, çimento gibi tanecikli dökme malzemelerin hava basıncı veya vakum ile taşınması için havalı taşıma sistemlerinden yararlanılır. Pnömatik taşıma, transport, nakil, iletim, sevk, transfer adı da verilen bu sistemlerde malzemeler hava ile sevk edildiği için helezon, konveyör veya kovalı elevatör gibi makina veya mekanizmalarda oluşan kırma problemi bulunmamaktadır. Tozsuz dökme hammadde kapalı borular içinde iletildiği için ortama toz yayılmamaktadır. Böylece gıda güvenliği ve işletmenin temizliği gibi avantajlar elde edilmektedir. Pnömatik iletim sistemlerinde farklı uygulamalar için farklı sistemler kullanılmaktadır. Dökme hammadde zemin, silo, kamyon, römörk, çuval, bigbag gibi farklı noktalardan alınır yine zemin, silo, kamyon, römörk, çuval, big bag gibi noktalara iletilebilir. Bu işlem sırasında ürünün ölçümü, tartımı veya karışım hazırlanması mümkündür (İnt.Kyn.3).

2.5 Hububat Depolamasında Dikkat Edilecek Hususlar

Hububatın depolanmasında dikkat edilecek hususlar şu şekilde sıralanabilir:

1. Depolanacak hububatın nem oranları düşük olmalıdır (Buğday %12-14). Gerekirse depolamadan önce hububat kurutulmalıdır.
2. Hububat, yabancı tohum ve tanelerden arındırılmalıdır.
3. Depoya konulmadan önce hububat mümkün olduğunca küflü tanelerden arındırılmalıdır.
4. Haşere ve enfekte olmuş tane içeren tahıl kitleleri fumigasyon (gazlama) yoluyla ilaçlanmalıdır.
5. Depolama işleminde ve depo seçiminde hububatın ve yöre ikliminin özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.
6. Depo olarak kullanılacak bina; nemsiz, kuru, havadar ve aydınlık olmalıdır.
7. Depolar ve silolar havalanmaya uygun inşa edilmelidir.
8. Depolanan hububatın ve depo havasının nem ve sıcaklığı sürekli kontrol edilmelidir.
9. Hububat depolarına zararlıların girmesine imkân vermeyecek önlemler alınmalıdır.
10. Depo alanları beton ve toprak zeminlerde ise iyonize nemin depo alanına girmemesi için depolama alanlarının çok iyi izole edilmiş olması gerekir.
11. Depolama alanları için en iyi sıcaklık değeri + 4°C olmalıdır. Sıcaklık yükseldikçe silolarda aktarma yapılmalıdır.

Hububatın depolanması sırasında uygun olmayan nem ve sıcaklık değerleri üründe bozulmayı hızla başlatır (Dizlek vd., 2008).

Depo haşerelerinin çoğu tropik ya da subtropik kökenli olup çoğalmaları için 27°C-34°C civarında yüksek sıcaklık, faaliyetleri için de 17-18°C'nin üzerinde sıcaklık gereklidir. O halde alımdan sonra yapılacak havalandırmalarla haşere faaliyetini durduracak derecede ürün sıcaklığı düşürülmelidir.

Akarlar düşük sıcaklıkları ve yüksek nispi (bağıl) nemi tercih ederler. 20°C – 30°C arasında süratle çoğalırlar ancak yaşamlarını sürdürmeleri %60 nispi rutubetle sınırlı

olduğundan, alımdan sonra yapılacak havalandırmalarla yığın içindeki hava nispi rutubeti de düşürülecektir.

Ürün bozulmasının son aşamalarından biri olan küf mantarlarının gelişimi de haşere ve akarlar için yapılacak havalandırmayla kendiliğinden engellenmiş olacaktır (TMO 1989).

Ülkemizde hemen her yıl, önemli miktarda hububat ertesi yıla kalmaktadır. Bir sonraki yıla devreden buğday stoku, depolamadan, haşereleşmeden kaynaklanan kayıplar nedeniyle sıkıntılar ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizde TMO Genel Müdürlüğünün 2005 yılında aldığı 5.6 milyon ton tahılın yaklaşık 3.1 milyon tonu silolarda, 2.5 milyon tonu ise silo dışında diğer yöntemlerle depolanmıştır. Silo dışı depolamayla ürün kaybının %10-15'lere yükselmesi nitelikli depolara (silolara) olan ihtiyacı ortaya koymaktadır (Dizlek vd., 2008).

3. UZMAN SİSTEMLER

Uzman Sistem, uzmanlık bilgileri ve muhakeme yeteneği ile problem çözebilen veya önerilerde bulunabilen bir bilgisayar programıdır. (Alberico and Micco 1990) uzman sistemleri, problem çözümü ve karar verme işlemlerinde uzmanların yerine kullanılabilen bilgisayar programları olarak tanımlarlar.

Geleneksel sistemler genellikle algoritma yaklaşımı ile çalışırlar. Uygun algoritma seçilir ve tüm veriler doğru girilirse doğru sonuç verirler. Herhangi bir veri eksik veya yanlış girilmişse ya sonuç vermezler ya da verdikleri sonuç doğru olmaz. Geleneksel sistemlerin geliştirilmesi uzun zaman alır. Bu tür sistemler programcılar tarafından yazılır ve geliştirilir. Bu yüzden geliştirilmeleri ve güncelleştirilmeleri masraflıdır. Nümerik değerlerle iyi sonuç vermelerine rağmen, sembolik değerlerde zayıf kalırlar. Uzman sistemler ile geleneksel sistemler arasındaki en büyük farklardan birisi muhakeme yeteneğidir. Geleneksel sistemler, uzman sistemlerin aksine muhakeme gerektiren konularda zayıf kalır. Buna karşılık uzman sistemler nümerik işlemlerde zayıf kalmaktadır.

Uzman sistemlerin en önemli özellikleri;

- Problem çözümünde hiyerarşik bir yaklaşım izler
- Nümerik veri ve algoritmalarla ziyade gerçek kurallar ve ilişkilerden oluşur
- Problem çözerken ve tanımlarken kullanıcıya danışır
- Danışma yapısı ve şekli elde bulunan bilgiye, probleme ve soru şekline göre değişir
- İstenildiğinde problem çözümü sona ulaşmadan ara sonuç verebilir
- Belli bir soruyu niçin sorduğunu veya belli bir sonuca nasıl ulaştığını açıklayabilir
- Kesin veya tam olmayan bilgilerle baş edebilir
- Gerekli durumda birden fazla sonuca ulaşabilir
- Gerçek bir problemi çözerken bilgiler tam olmasa bile yaklaşık bir sonuç verebilir

Avantajları:

- Uzman insanlardan daha hızlı olduğundan dolayı zaman kazancı sonucu üretim artışı gözlenebilir.
- Zamanla oluşabilecek veri ve bilgi kaybı asla yoktur. Dinamik yapı oluşturulduğu takdirde kendi kendine bilgi kazanabilir.
- Ender uzmanların yaptığı işi sürekli yaparak onlara harcanan masraftan tasarruf ve dolaylı yoldan üretim artışına katkıda bulunur.
- Düşünerek ve hata payı olmadan sonuca varmaları kaliteyi yüksek tutar.
- Çeşitli alanlardaki uzman yetiştirme sıkıntısından dolayı, yaşlanmayan, unutmayan sistemler, geleceğe daha rahat bilgi aktararak onlara zemin hazırlar.
- Konu hakkında yeterli bilgisi olmayanlara, nedenlerini de açıklayarak öğretebilir.
- İnsan, doğal yapısından kaynaklanan acele etme, çabuk karar verme ve telaşa kapılmasından dolayı sağlıklı karar verme ve öneri üretmesini kısıtlamaktadır. Uzman sistemlerde ise yeterli düşünme, analiz etme sonuç üretmeyi çok kısa bir sürede yapabilir.
- Uzman sistemler hiçbir detayı kaçırmadan son ayrıntısına kadar taradıktan sonra sonuca ulaşma yöntemini kullanır. Hiçbir belirsizlik yoktur.
- Bir insandaki tüm özellikleri taşıyarak “emin değilim”, “bilmiyorum” gibi kesinlik belirtmeyen ifadelere de yer vererek, değerlendirme ve kıstaslarını buna göre ayarlayabilir.
- Uzman sistemlerin kullanıldığı bazı alanlarda ara sonuçları, raporları görmek ilerisine yönelik plan ve tasarı yapmak daha uygundur. Böyle durumlarda istenildiği anda müdahale edilebilir.
- Dinamik bir yapı oluşturulduğu takdirde öğrenebilme kabiliyetine sahip olduğu andan itibaren her sonucu birbiri ile kıyaslayarak yorum yaparak ve gerçek doğruyu bularak bilgilerde tutarlılık sağlayabilir.

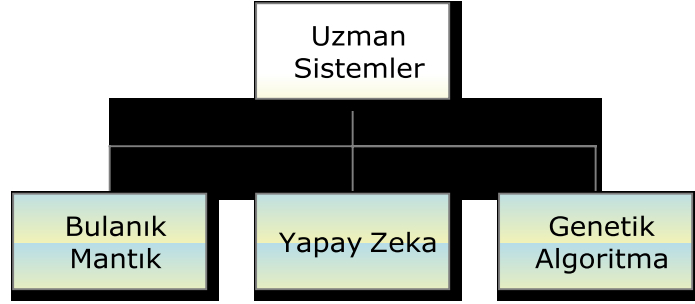
Dezavantajları:

Burada belirtilmek istenen, daha çok sistemin tasarım aşamasında veya kullanım aşamasında karşılaşılan güçlüklerin ortaya çıkarabileceği problemlerdir.

- Günümüz koşullarında her alanda yeterli miktarda uzman bulamamak ve bulunsa dahi zaman ayıramamaktadır. Bu da uzmanlık bilgisinin olmaması yani bu bilgiye ulaşmanın zorluğunu ortaya koymaktadır.
- Kimi uzmanlar bildiklerini aktaramamaktadır. Bu durum, bir uzman sistem tasarlanmanın başlıca problemlerindendir. Bazı uzmanlar ise yeni teknolojiye ayak uydurmak istemeyip bilgi paylaşımından kaçınmaktadır.
- Uygulanacak alana göre değişiklik göstermekle birlikte her uzmanın kendi benimsediği ve doğru olduğu bilgilerde tutarsızlık meydana gelebilir. Kimi durumlarda daha ekonomik veya daha doğru bir bilgi sunabilir. Oluşturulmuş olan uzman sistemde dinamik bir alt yapı oluşturulursa bu sorunun üzerinden gelebilme imkânı olabilir.
- Uzman sistemlerin çok dar bir alana hitap etmesi ve bunun sonucunda dışarı çıkılma gerçekleştiği zaman sistemin çalışmasında problemler meydana gelmesi muhtemeldir. Örneğin her konuda bir uzman olduğu, bir uzmanın birden çok uzmanlık dalının bulunmadığı, bulunsa da çok az sayıda olmasından dolayı alanlar genişletilmeye başlatılırsa sistemde karışıklıklar başlayacaktır.
- Yeni teknolojiye şüpheci yaklaşım ve maliyet pahalılığı tüm yöneticileri düşündürmektedir. Aynı işi yapabilecek bir insan varken böyle bir bilgisayar programına maliyet ayıramamaktadırlar.
- Uzmanların birçoğu kendi geliştirdikleri, kişisel yöntemlerini kullanmaktadırlar. Bunları açıklayamamaları ve ister istemez objektif bir anlatıma sahip olamamaları ayrı bir sıkıntıdır.
- Kullanılan çeşitli kavramların kişiden kişiye değişerek farklı anlamlar kazanması ve sözlük anlamı ile gerçek anlamının birbirinden farklı oluşu yüzünden doğan karışıklıklar yine sıkıntıdır.
- Uzman sistem tasarlanması yüksek maliyetlidir. Bilgi Mühendisi, Uzman ve Programcı ile ortalama 3-5 yıl arasında değişen sistemlerin maliyetleri göz önüne alınmalıdır.
- Normal durumları dışında alışılmamış bir olay karşısında uzman insan yaratıcılığı ile yeni bir çözüm üretebilirken uzman sistem bunu yapamamaktadır.
- Uzman bir insanın öğrenme yeteneği çok kolay iken, dinamik yani öğrenebilen bir uzman sistem tasarlamak başlı başına bir problem teşkil eder.

3.1 Uzman Sistem Çeşitleri

Çok çeşitli uzman sistemler mevcut olmasına rağmen, uzman sistem çeşitlerini 3 kısma ayırabiliriz (Şekil 3.1). Bu bölümde en çok kullanılan 3 uzman sistem hakkında bilgi verilecektir.



Şekil 3.1 Uzman Sistem Çeşitleri

3.1.1 Bulanık Mantık

İlk olarak 1965 yılında, California Üniversitesi öğretim üyelerinden, aslen Azerbaycan'lı Prof. A. Lotfi Zadeh tarafından kullanılan bulanık mantık, temelde çok değerli mantık (multivalued), olasılık kuramı, yapay zeka ve yapay sinir ağları alanları üzerine oturtulmuş olup, olayların oluşum olasılığından çok olabirliğiyle ilgilenen bir kavramı tanımlamaktadır. Olasılık ve bulanıklık kavramları arasındaki en önemli fark, bulanıklığın bir deterministik belirsizlik olmasıdır. Bulanık küme teorisinin ortaya atılmasından sonra Zadeh, 1973'de yayınladığı notlarında bulanık küme teorisinin en iyi yaklaşıkla insan karar verme sistemini modelleyebilecek yapıda olduğu fikrini ileri sürmüştür. Geçen zaman içerisinde bulanık kontrolün dayandığı bulanık mantığın, insan düşünme yapısına ve dilsel (linguistic) değişkenlerine klasik mantıktan çok daha yakın olduğu kabul edilmiştir.

Bulanık mantıkta bir durum karşısında doğruluk ve yanlışlık için derecelendirme yapılmaktadır. Bulanık mantıkta temel olan bir sonuca varmaktır. Bulanık mantık Boolean ve klasik mantığın tersine, belirsiz ve kesin olmayan problemlerle ilgilenmektedir. 0 ile 1 arasında değişen üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır. Bulanık mantık insan düşünme yeteneğini model alarak insanların bilgiyi değerlendirerek ve insan

beynindeki verilerden bilgiyi çıkarabilme özelliğine dayanır. Günlük hayatta rastgele kullanılan bir çok terim bulanık bir yapıya sahiptir. Bir olay veya durum karşısında kullanılan sözel veya sayısal ifadeler bulanıklık içerir. Bunlardan bazıları; biraz hızlı, çok yavaş, biraz uzun, çok kısa, fazla bulutlu, güneşli, yaşlı, genç, sıcak, soğuk, ılık, uzak, yakın gibi terimlerdir. Bir olay karşısında karar vermede kesinlik ifade etmeyen bu tür terimler kullanılabilir. Bu da bulanık mantığın aslında günlük hayatın içinde yer aldığını göstermektedir. Havanın sıcaklığına ve nemine göre ısıtıcı, biraz fazla, biraz az veya normal şekillerde çalıştırılabilir. Tankta bulunan sıvının seviyesini belirlenen noktada tutmak için vananın biraz az, çok fazla veya çok az açılması gerekebilir. Bunlar insan beyninin belirsiz ve kesinlik içermeyen durumlarda nasıl davrandığına ve olayları nasıl değerlendirip, tanımlayıp, komut verdiğiğine dair örneklerdir. Bu örnekler arttırılabilir.

Bulanık sistemler bilgi tabanlı ve kural tabanlı sistemlerdir. Bulanık mantığın temeli EĞER-İSE (IF-THEN) kurallarından oluşmaktadır.

Literatürde bulanık mantık için iki şekilde açıklama yapılmaktadır:

Gerçek dünya çok net ve açık tanımlamalar yapmak için fazlasıyla komplikedir. Bundan dolayı bir yaklaşıklık (bulanıklık) yapmak zorunluluğu vardır.

Gerçek sistemler için önemli bilgiler iki fizik kanunlardan çıkarılan matematiksel modellerdir. Hedef, bu iki bilgi kaynağını kullanarak sistem dizaynını yapmaktır. Bu kombinasyonu oluşturmak için insan tecrübesini ve bilgisini, matematiksel modele ve sensör ölçümlerine göre nasıl formüle edilebileceğini saptamak anahtar problemdir. Diğer bir deyişle sorun, insan bilgisinin ve tecrübesinin nasıl formüle edileceğidir.

Bulanık mantığın temel prensiplerinden bazıları aşağıda verilmektedir:

Bulanık küme sözel değişkenleri göstermek için kullanılır. Az sıcak, biraz soğuk gibi bulanık mantık üyelik fonksiyonları söz konusu bir fiziksel değişkenin (örneğin bir ortam sıcaklık seviyesinin) 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesini tanımlamak için kullanılır.

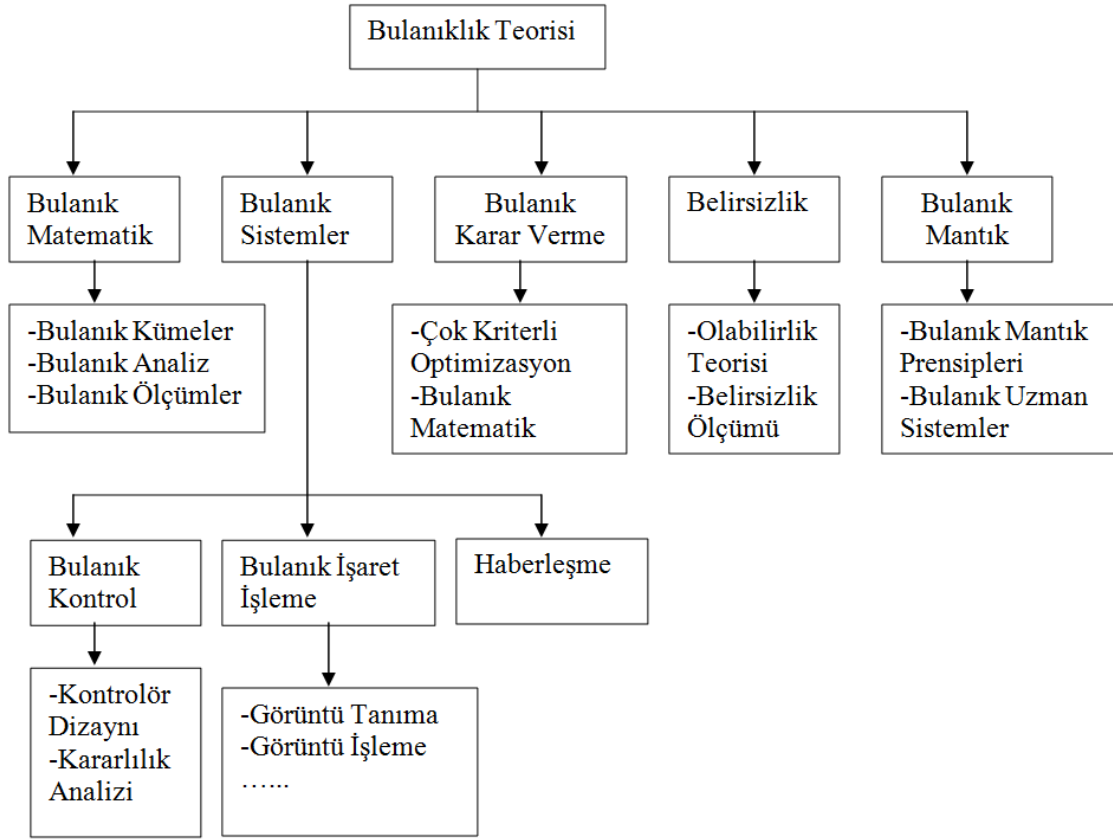
Bulanık işlemciler, bulanık ifadeler arasında mantıksal ilişkilere hız verir. Bunlarla, EĞER-İSE (EĞER-THEN) türünden işlem kuralları, uzman sistemlerde kullanılan yöntemle benzer olarak, sembolik yoldan formüle edilebilir.

Bulanık mantık sistemi bir bakıma var olan bilgiden kurallara dayanarak, yeni bilgiler elde edebilme yoludur.

Bulanık mantık (fuzzy logic), sürekli olmayan sistemlerin kontrolünü sağlamaya yarayan bir yaklaşımdır. Ayrıca, bulanık mantık, bulanık küme teorisine dayalı, lineer ve Non-lineer sistemlerin geliştirilmesinde uygulanan alternatif bir dizayn metodudur. Karmaşık matematiksel açıklamalardan çok bir kurallar listesi kullanır. Bu kurallar, tahmin yürütülemeyen durumlarda insanlar tarafından verilen mantıklı kararlardan sonra modellenir. Bu yüzden, bulanık mantık, standart PID (Oransal-İntegral-Türevsel) kontrol metodundan insan düşünce sistemine çok daha yakındır. Bu yüzden bazı süreç kontrol sistemlerini sadece PID ile kontrol etmek zordur. Bu durumlarda bulanık mantık kusursuz bir çözüm üretir. PID ile kontrol edilebilen sistemlerdeki proses (süreç) cevabında oluşan bozukluklar bulanık mantık ile %50 oranında azaltılır, overshootlar (aşımaları) kısılır veya tamamen ortadan kaldırılır.

3.1.1.1 Bulanık Mantığın Uygulama Alanları

Bulanık mantık, doğa ve insanın oluşturduğu yapay sistemlerin modellenmesi ve kontrolü için en uygun yaklaşım olarak gelişmekte olan bir tekniktir. Bulanık mantık, klasik yöntemlerle modellenemeyen çok karmaşık sistemlerde, lineer olmayan sistemlerde ve belirsizliklerin çok olduğu sistemlerde ideal olarak kullanılır. (Şekil 3.1) Bulanık sistemler, bu nitelikleri taşıyan uygulamalar için uygun yöntemleri içererek dizayn edilir ve kontrol, işaret işleme, haberleşme ve uzman sistem olarak tıpta, iş hayatında çok geniş alanlarda uygulanır. Bununla birlikte en önemli uygulamalar kontrol problemleri üzerinde yapılmaktadır.



Şekil 3.2 Bulanık Mantığın Uygulama Alanları

Bulanık sistem teorisi, belirsiz düşünce ve karar süreçlerinin gelişen modellerine ait başlama noktası kabul edildiği için aşağıdaki gibi uygulama alanları geliştirilebilir:

- Yönetim ve sosyal problemler için kullanılan insan modellerinin yapılması,
- Otomasyon ve bilgi sistemlerinde kullanım için yüksek derecede insan yeteneklerinin taklidi,
- İnsan ve makineler arasındaki insan merkezli ara birimlerin oluşumu,
- Risk analizi, tahmin ve fonksiyonel cihazların gelişimi gibi diğer sosyal ve yapay zeka uygulamaları.

Sonuç olarak bulanık mantık yaklaşımının yakın gelecekte çok önemli bir araştırma alanı olacağı rahatlıkla söylenebilir.

3.1.1.2 Bulanık Mantığın Avantajları ve Dezavantajları

Avantajları:

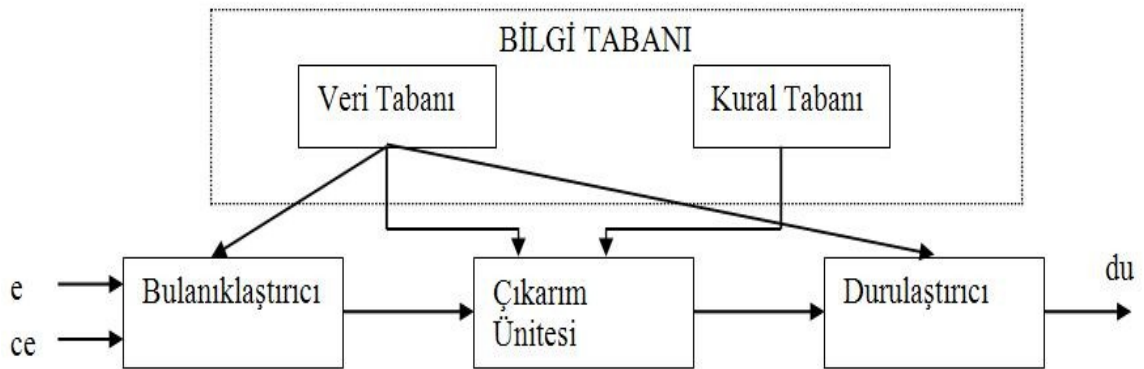
- İnsan düşünme tarzına yakındır
- Uygulanışı matematiksel modele ihtiyaç duymaz
- Yazılımın basit olması nedeniyle ucuza mal olur
- Bulanık Mantık eksik tanımlı problemlerin çözümü için uygundur
- Uygulanması oldukça kolaydır.

Dezavantajları:

- Uygulamada kullanılan kuralların oluşturulması uzmana bağlıdır
- Üyelik fonksiyonlarının deneme - yanılma yolu ile bulunmasından dolayı uzun zaman alabilir
- Kararlılık analizinin yapılması zordur (benzeşim yapılabilir)
- Bulanık Mantık Sistemleri öğrenemez ya da öğretilemez.

3.1.1.3 Bulanık Kontrolörün Genel Yapısı

Bir bulanık mantık denetleyicisi dört ayrı kısımdan oluşur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Bulanık kontrolörün genel yapısı

- **Bulanıklaştırıcı**

Bu bölüm giriş değişkenlerini (gerçek değerleri) ölçer, onlar üzerinde bir ölçek değişikliği yapar ve bulanık kümelere dönüştürür. Yani onlara birer etiket vererek dilsel bir nitelik kazandırır.

- **Bilgi Tabanı**

Bulanık çıkarımda kullanılan dilsel EĞER-İSE kural tabanından oluşur.

- **Bulanık Mantık Çıkarım Ünitesi**

Bulanık çıkarımda kurallar üzerinde bulanık mantık yürütülür ve bulanık kural tabanını kullanarak giriş ve çıkış uzayı arasında bir bağlantı kurar.

- **Durulaştırıcı**

Çıkarım motorunun bulanık küme çıkışı üzerinde gerekli ölçek değişikliklerini yapar ve bunları gerçek sayılara dönüştürür.

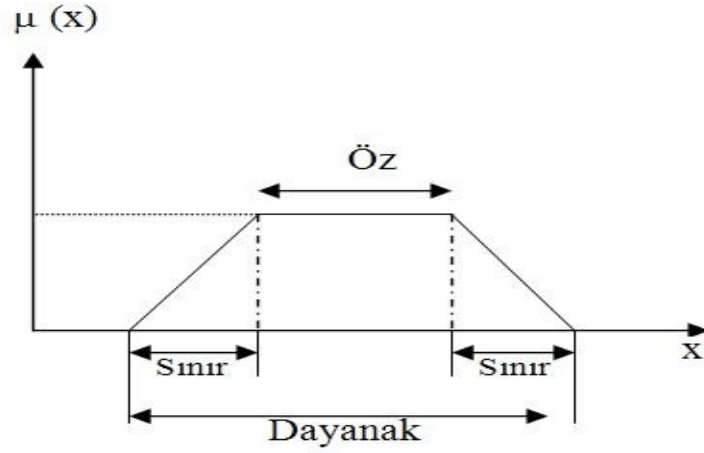
3.1.1.4 Üyelik Fonksiyonları

Bulanık kümeler üyelik fonksiyonları ile ifade edilir. Bu üyelik fonksiyonları her objenin bir kümedeki ağırlık derecesini vermektedir. Bu ağırlık derecesi 1'den 0'a kadar olabilmekte, yani tam üyelikten üye olmamaya kadar değişmektedir. Üyelik fonksiyonu dilsel terimlerle ifade edilir. Bulanık mantıkta çoğu uygulamada standart üyelik fonksiyonu tipleri kullanılmaktadır. Doğrusal olmayan sistemlerde en çok kullanılan üyelik fonksiyonu tipleri üçgen (triangular), Gauss çan eğrisi (Gauss bell-shaped) ve trapez (trapezoidal)'dir.

Şekil 3.4'te en genel hali ile yamuk şeklindeki bir üyelik fonksiyonunun kısımları verilmiştir.

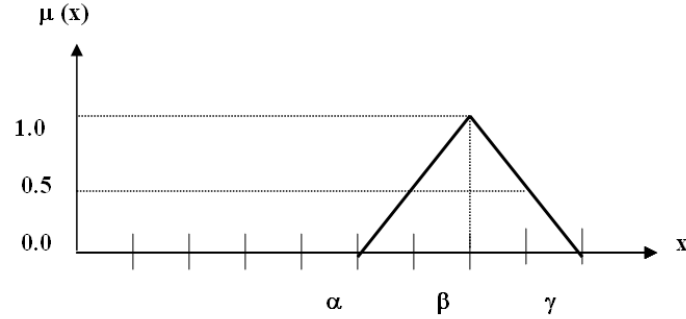
Üyelik dereceleri 1'e eşit olan öğelerin toplandığı alt küme kısmına, o alt kümenin özü (core) denir. Burada $\mu(x)=1$ 'dir. Bunun aksine bir kümenin tüm öğelerini içeren aralığa o kümenin dayanağı (support) adı verilir. Dayanakta bulunan her öğenin az veya çok değerinde (0 ile 1 arasında) üyelik dereceleri vardır. Bunun matematiksel ifadesi $0 < \mu(x) < 1$ şeklindedir. Üyelik dereceleri 1'e veya 0'a eşit olmayan öğelerin oluşturduğu kısımlara üyelik fonksiyonunun sınırları (boundary) bölgeleri denir. Genel olarak, tüm

üyelik fonksiyonlarında biri sağda diğeri de solda olmak üzere iki tane geçiş bölgesi vardır.



Şekil 3.4 Üyelik Fonksiyonunun Kısımları

Üçgen Tipi Üyelik Fonksiyonu

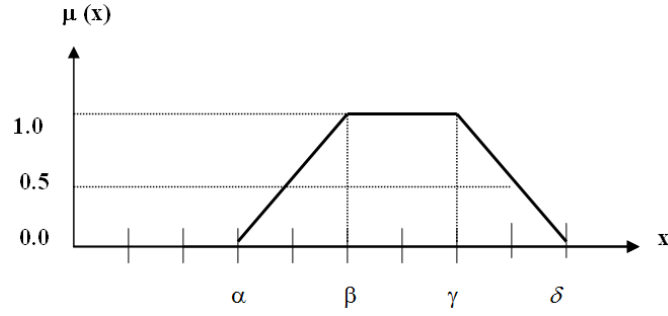


Şekil 3.5 Üçgen üyelik fonksiyonu

Fonksiyon $\Lambda : x \rightarrow [0,1]$ $x : X$ evreninde herhangi bir eleman

$$\Lambda(x; \alpha, \beta, \gamma) = \left\{ \begin{array}{l} 0, x < \alpha \\ \frac{(x - \alpha)}{(\beta - \alpha)}, \alpha \leq x \leq \beta \\ \frac{(\gamma - x)}{(\gamma - \beta)}, \beta \leq x \leq \gamma \\ 0, x > \gamma \end{array} \right\} \quad (3.1)$$

Yamuk (Trapezoidal) Tipi Üyelik Fonksiyonu

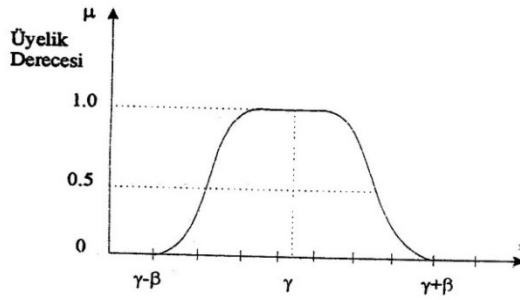


Şekil 3.6 Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Fonksiyon $\pi : X \rightarrow [0,1]$

$$\pi(x; \alpha, \beta, \gamma, \delta) = \left\{ \begin{array}{l} 0, x < \alpha \\ \frac{(x - \alpha)}{(\beta - \alpha)}, \alpha \leq x \leq \beta, \\ 1, \beta \leq x \leq \gamma \\ \frac{(\delta - x)}{(\delta - \gamma)}, \gamma \leq x \leq \delta \\ 0, x > \delta \end{array} \right\} \quad (3.2)$$

Gauss (Çan Eğrisi) Üyelik Fonksiyonu



Şekil 3.7 Gauss (Çan Eğrisi) Üyelik Fonksiyonu

Fonksiyon $\pi_b : X \rightarrow [0,1]$

$$\pi_b(x; \beta, \gamma) = \left\{ \begin{array}{l} \left(x; \gamma - \beta, \gamma - \frac{\beta}{2} \right), x \leq \gamma \\ 1 - \left(x; \gamma, \gamma + \frac{\beta}{2}, \gamma + \beta \right), x \geq \gamma \end{array} \right\} \quad (3.3)$$

3.1.2 Yapay Zeka

Yapay Zeka (Artificial Intelligence); öğrenme, gerekçeleme, problem çözme, yabancı bir dili alma v.b. gibi insanoğlunun davranışlarını gösterebilen sistemlerle ilgilenen bir bilgisayar bilimidir. Yapay Zeka'nın ana amacı insanların davranışlarının ve sezgisel yeteneklerinin bilgisayar üzerinde benzetimidir. İnsanoğlu esas olarak bilgiyi kullanmakta ve onu işlemektedir. Bu yüzden bilgi ve bilginin kullanımı Yapay Zeka'nın da anahtar karakteristikleridir. Yapay zeka konusundaki araştırmalar şu gruplar altında toplanabilir.

- Bilgiye dayalı yapay zeka ve uzman sistemler
- Doğal diller (bilgisayar ile doğrudan iletişim)
- Beşeri algılama yeteneklerinin simülasyonu (görme, konuşma, işitme, koklama vs)
- Robotikler (rutin, kirli ve tehlikeli işler için kullanılan robotikler)

Bir programın ya da sistemin zeki ya da akıllı olarak kabul edilebilmesi için, en azından aşağıdaki özelliklerden bazılarını sağlayabilmesi gerekir;

- Karar verme
- Algılama
- Öğrenme
- Problem çözme
- Muhakeme
- Şekil ya da resim tanıma
- Doğal dil anlama

Yapay zekanın geleneksel programlamadan farkı ;

- Öğrenebilir
- Tecrübe kazanabilir
- Bu tecrübeyi kullanarak yeni problemleri çözebilir
- Eksik veri ile problemler çözebilir
- Belirli bir algoritma yerine sezgisel yöntemler kullanır
- Yanlış yapabilir

Avantajları:

- Uzman sistemler gibi bilgiyi kurallar halinde istemezler. Eğitim seti dışında fazla bilgiye ihtiyaç duymazlar
- Öğrenebilir ve hiç karşılaşmadıkları bir problemi çözebilirler
- Paralel yapıları nedeniyle çok hızlı çalışırlar
- Hataya toleranslıdırlar

Dezavantajları:

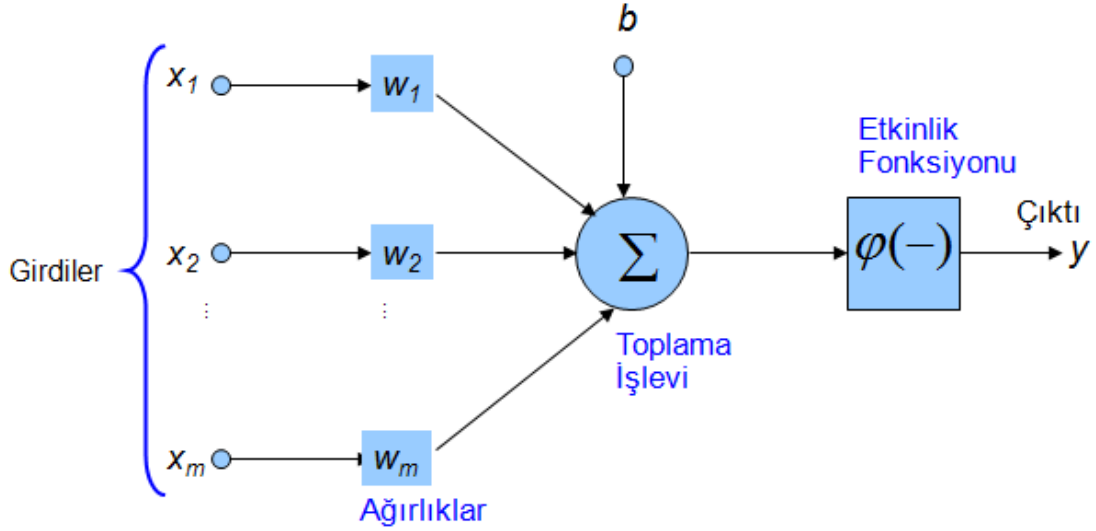
- Çıkardıkları sonuçları nasıl ve neden çıkardığını açıklayamaz
- Eğitimleri oldukça zaman alıcı, zor hatta bazen imkânsızdır
- Kesin kurallar ve tasarım bilgileri yoktur
- Genelleştirme yeteneği azdır

Yapay Sinir Ağları (YSA) insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığı ile birbirine bağlanan işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. En önemli özelliği, deneyimlerden (tecrübe) yararlanarak öğrenebilmesidir. Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilmişlerdir. Yapay sinir ağları, öğrenmenin yanı sıra bilgiler arasında ilişkiler oluşturma yeteneğine de sahiptir (Uğur & Kınacı 2005).

3.1.2.1 Yapay Sinir Hücresi

Bir yapay sinir ağı hücresi temel olarak girdilerden, ağırlıklardan, toplama işlevinden ve çıktıdan oluşur. (Şekil 3.7) Genelde, verilen bir girdi setine karşılık çıktı değerleri verilerek belirtilen öğrenme kuralına göre ağırlık değerleri otomatik olarak değiştirilmektedir. Eğitim verisinin tamamlanmasından sonra eğitilmiş olan ağ, ağırlık değerlerinin son durumuna göre, verilen herhangi bir veri setinin sonucunu tahmin edebilmektedir. Yapay sinir ağı bir dizi sinir hücresinin ileri sürümlü ve geri beslemeli

bağlantı şekilleri ile birbirine bağlanması ile oluşur. Günümüzde, belirli amaçlarla ve değişik alanlarda kullanılmaya uygun birçok yapay sinir ağı modeli (Perceptron, Adaline, MLP, LVQ, Hopfield, Recurrent, SOM, ART ve PCA gibi) geliştirilmiştir. Öğrenme çeşitlerinden öğreticili öğrenme, öğreticisiz öğrenme, destekleyicili öğrenme ve karma stratejiler kullanılmaktadır.



Şekil 3.8 Yapay Sinir Hücresi

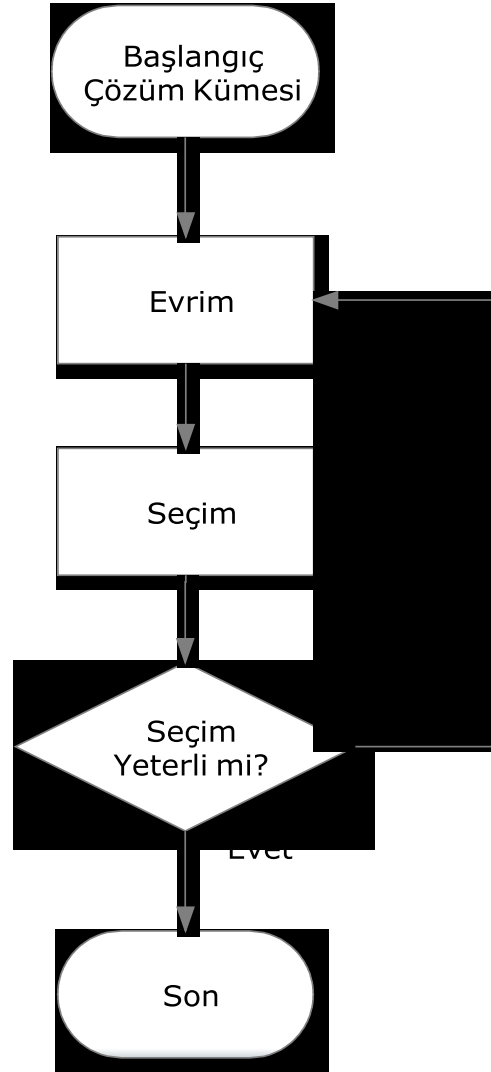
3.1.3 Genetik Algoritma

Genetik algoritmalar, doğal seçim ilkelerine dayanan bir arama ve optimizasyon yöntemidir. Temel ilkeleri John Holland tarafından ortaya atılmıştır. Temel ilkelerinin ortaya atılmasından sonra, genetik algoritmalar hakkında bir çok bilimsel çalışma yayınlanmıştır. Ayrıca, genetik algoritmaların teorik kısmı ve uygulamaları hakkında bir çok uluslararası konferans da düzenlenmektedir.

Genetik algoritmaların, fonksiyon optimizasyonu, çizelgeleme, mekanik öğrenme, tasarım, hüresel üretim gibi alanlarda başarılı uygulamaları bulunmaktadır. Geleneksel optimizasyon yöntemlerine göre farklılıkları olan genetik algoritmalar, parametre kümesini değil kodlanmış biçimlerini kullanırlar. Olasılık kurallarına göre çalışan genetik algoritmalar, yalnızca amaç fonksiyonuna gereksinim duyar. Çözüm uzayının tamamını

değil belirli bir kısmını tararlar. Böylece, etkin arama yaparak çok daha kısa bir sürede çözüme ulaşırlar (Goldberg 1989). Diğer bir önemli üstünlükleri ise çözümlerden oluşan popülasyonu eş zamanlı incelemeleri ve böylelikle yerel en iyi çözümlere takılmamalarıdır (Emel & Taşkın, 2002).

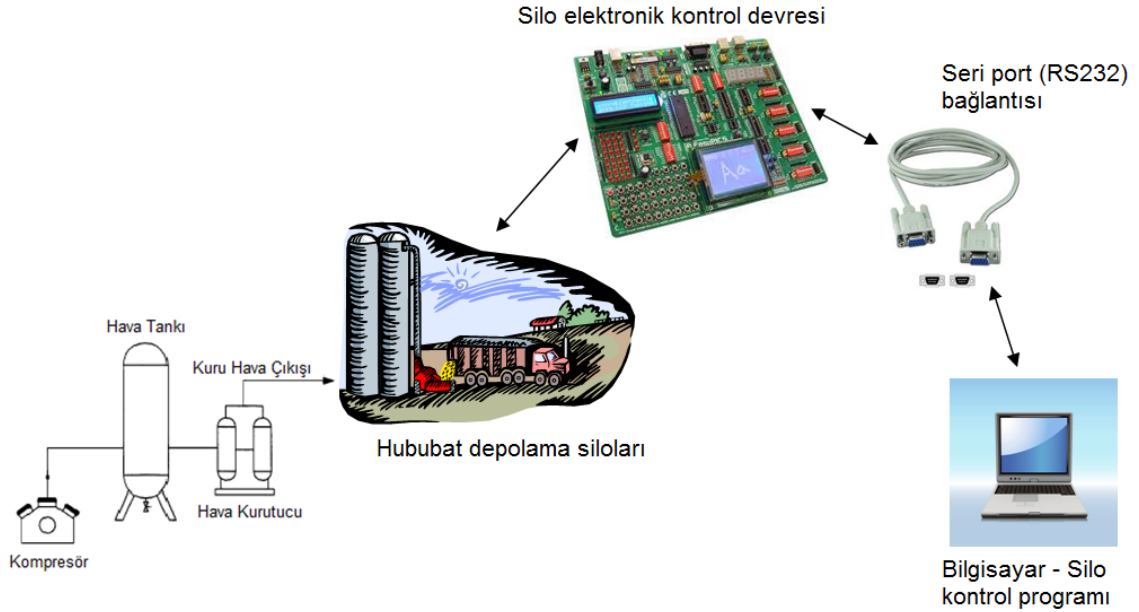
Genetik algoritmanın çalışma mantığı temel olarak Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9 Genetik Algoritma Temel Çalışma Mantığı Blok Diyagramı

4. MATERYAL VE METOD

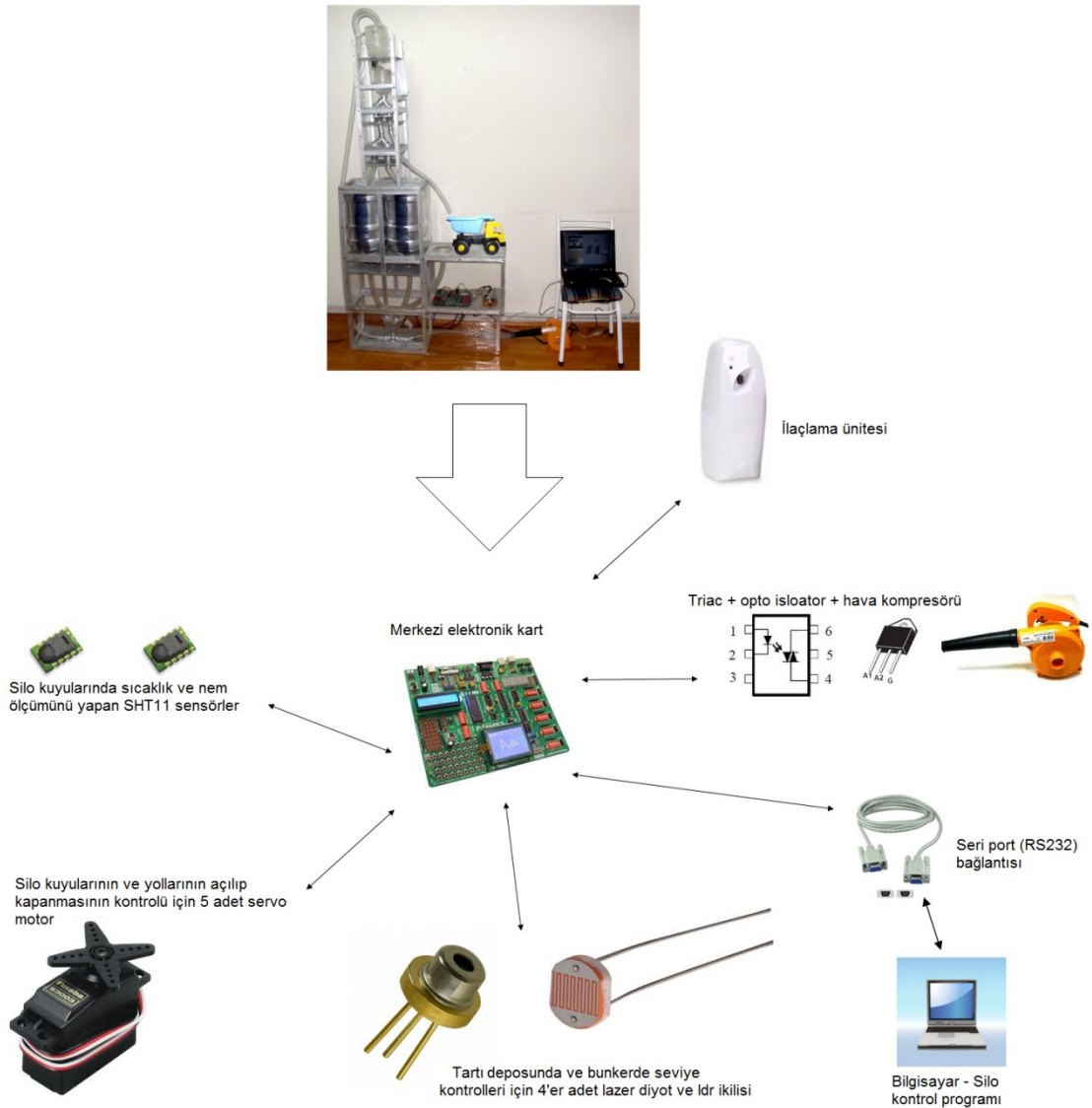
Bulanık mantık kontrollü silo otomasyon sisteminin blok diyagramı Şekil 4.1’de görülmektedir. Gerçekleştirilen sistemde hububat depolama silolarına kurutulmuş basınçlı hava ile alım, satış, transfer ve ilaçlama işlemlerini, uzman personel ihtiyacını en az sayıya indirerek gerçekleştirebilmek amacıyla bir adet elektronik kontrol kartı ile bütün işlemlerin bilgisayardan gözlemlenip kontrol edilebildiği bir bilgisayar yazılımı hazırlanmıştır. Yazılım, elektronik kart ile bilgisayarın seri portu üzerinden haberleşmektedir. Yazılımla elektronik kart arasındaki haberleşmede seri portun tercih edilmesinin sebebi, silo kontrolü için yeterli hıza sahip olması, güncelliğini koruması, program yazılımının kolaylığı ve donanım maliyetlerinin çok düşük olmasıdır. TMO’da mevcut çelik siloların çalışması örnek alınarak, çelik siloların pnömomatik sisteme dönüştürülmesi hedeflenmiş ve bu şekilde bir silo maketi hazırlanmıştır. Silo maketine ileriki bölümlerde değinilmiştir.



Şekil 4.1 Bulanık mantık kontrollü silo otomasyon sisteminin blok diyagramı

Sistemin donanımı bir adet (2 kuyulu) silo maketinden, bir adet bilgisayardan, bağlantıların üzerine yapıldığı bir adet ana elektronik devreden, silo kuyularında bulunan

hububatın rutubetini ve sıcaklığını ölçen 2 adet SHT11 sensörden, silo üstünde ürün alımı, satışı ve transferi sırasında ilaçlama yapılmasını sağlayan 1 adet ilaçlama ünitesinden, kuyu altlarında ve üstlerinde hububatın akış kontrolü ve yönünün belirlenmesini sağlayan 5 adet Futaba s3003 servo motordan, silo üstünde en üstteki bunkere dolan hububatın ve tartı deposundaki hububatın minimum ve maksimum sınırlarını ölçen karşılıklı yerleştirilen birer adet lazer diyot – LDR ikilisinden, pnömomatik



Şekil 4.2 Sistem donanımının blok diyagramı

sistemdeki gibi hububatın hava basıncıyla sistemde dolaşmasını sağlayan 1 adet hava kompresörü ve bunun açık-kapalı kontrolünü sağlayan triak – opto izolatör'den

oluşmaktadır (Şekil 4.2). Ana elektronik devre olarak Mikroelektronika firmasının EasyPIC5 deneme kartı kullanılmıştır. Bu kartın kullanılmasının sebebi üzerindeki portların rahatlıkla kullanılabilmesi ve yazılan pic programının hiçbir bağlantıyı sökmeden mikrodenetleyiciye aktarılabilmesidir.

4.1 Silo Maketinin Hazırlanması:

Bu çalışmada silo maketinin iskeleti ahşaptan yapılmıştır. Silo kuyuları yerine 19 lt'lik su damacaneleri kullanıldı. Örnek olması açısından sadece 2 adet silo kuyusu yapıldı. Öncelikle damacanalara uygun olacak şekilde bir iskelet oluşturuldu ve damacanalara baş aşağı çevrilerek iskelet üzerine oturtuldu (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Silo kuyularının iskelete oturtulması

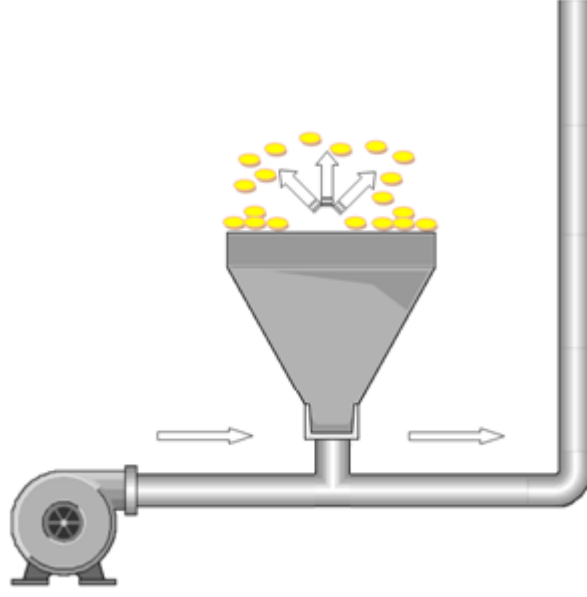
Sistemin devamında ikinci bir kata akış boruları, servo motorlar ve piyasadan temin edilen plastik malzemelerle tartı deposu, üst bunker gibi kısımlar yapıldı. Hububatın

aşağıdan yukarıya doğru basılıp basılamayacağı tereddüdüne karşılık bir hortum üstteki bunkere yerleştirildi ve basit bir huni ile deneme yapıldı.



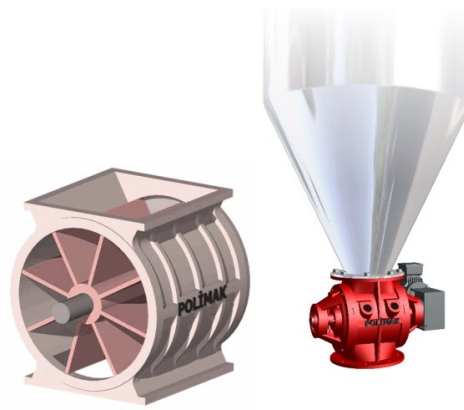
Şekil 4.4 Silonun tamamlanmasının ilk aşaması

İlk denemede Şekil 4.4'te görülen huniye buğday doldurup bir tarafına da kompresör bağlandı ve kompresör çalıştığında hüsrarla sonuçlandı. Çünkü huni içindeki buğdayların huninin içinden geçerek yukarıdaki bunkere dolması beklenirken Şekil 4.5'teki gibi huninin ağzından hepsi birden geri püskürdü. Bu sorun nasıl aşılabilirdi?



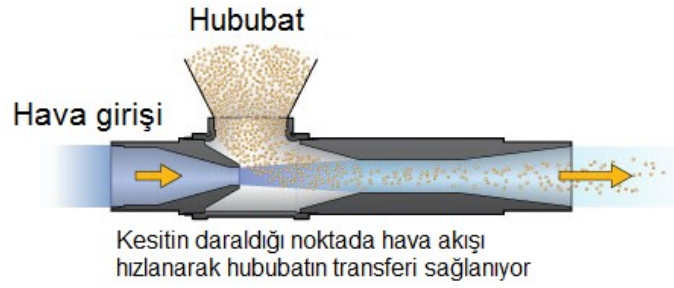
Şekil 4.5 Siloya hava ile ürün basma ilk denemesi

Kısa bir araştırma sonucunda piyasada mevcut olan sistemlerde Silo boşaltma, siklon boşaltma, toz toplama, dozajlama, pnömatik taşıma, konveyör bant besleme / boşaltma, helezon besleme / boşaltma, makina, sistem besleme / boşaltma, hammadde dolun gibi işlemlerde (İnt.Kyn.3) kullanılan hücre tekeri (hava kilidi) ile karşılaşıldı (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Hücre Tekerı

Silo maketi için hücre tekeri yapmak pek kolay bir şey değildi. Bunun başka bir çözümü olmalıydı. Devam eden araştırmalar sonunda hücre tekerinin yerini tutabilecek örnek bir malzeme bulundu. Bu malzemenin adı venturidir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Venturi

Venturi çalışma mantığı, huninin altındaki T boruya uyguladığında (içerisinde kesit daraltıldı) hunideki hububatın dışarı püskürmek yerine içine vakumlanarak borunun diğer ucundan üstteki bunkere aktarıldığı görülmüştür.

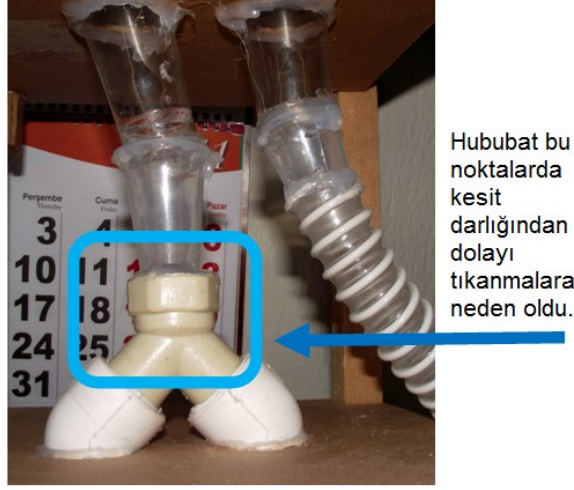
Sonraki işlemden silo altlarından ve kamyon boşaltma yerinden ürünün huni içerisinde toplanarak alım, satış, transfer gibi işlemlerin yapılmasını sağlayacak olan kuyu altı hububat toplama bölümü yapıldı (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Kuyu altı hububat toplama bölümü

Sisteme tekrar hava verilerek hububat akışı kamyon boşaltma kısmından, kuyu altlarından tek tek denendi. Bunker ve tartı deposu altındaki yollarda motor kapakları elle konumlandırılarak hava kompresörü aracılığıyla hububat akışı yaptırıldı. Kuyu altlarında ve kamyon boşaltma kısmının altında bulunan borulardaki eğimin azlığı nedeniyle hububatın buralarda birikerek tıkanıklıklara neden olduğu gözlemlendi. Özellikle Y

şeklinde olan kısımlarda ürünün tıkanmalara neden olduğu ve akmadığı görüldü (Şekil 4.9). Sistemi yeniden revize etmek gerekti.



Şekil 4.9 Hububatın tıkandığı bölümler

Ortada iki sorun vardı. Birincisi, Y şeklinde olan hububat yön belirleme kısımlarındaki tıkanmalar, ikincisi de eğim azlığı nedeniyle hububatın sürtünme kuvvetini yenemeyerek akmaması ve tıkanıklık yapması. Birinci sorunu çözmek için Y şeklinde olan boruların kesitini artırmak gerekti. Malzemeleri değiştirip kesiti daha büyük borular yardımıyla bu sorun çözüldü (Şekil 4.10).



Şekil 4.10 (Y) şeklindeki borular değiştirildi

İkinci sorunu çözmek için silo kuyu altlarındaki boruların eğimini artırmak gerekiyordu. Bunu sağlamak için silo maketinin altı kısmına ilave yapılarak yerden olan yüksekliği artırıldı ve buradaki borular değiştirildi (Şekil 4.11).



(a) Silo üst bunker ve tartı deposu



(b) Silo kuyu altları ve toplama kısmı

Şekil 4.11 Silo maketinin revize edilmiş hali

Hava kompresörüyle tekrar yapılan denemede hububatın tıkanmadan bütün borulardan rahatlıkla aktığı görüldü. Sonra kamyon boşaltma kısmının altına elektronik devreleri yerleştirmek için bir bölüm yapıldı. Elektronik devreler bu bölüme yerleştirildi. Sensörler (lazer – ldr ikilileri) bunkere ve tartı deposuna birbirlerini tam karşılıklı görebilecek şekilde yerleştirildi. Karşılıklı birbirlerini gördüklerini anlamak için elektronik devre aracılığıyla lazerlere gerilim uygulandı.

Sensörlerin bunkere ve tartı deposuna yerleştirilmiş hali şekil 4.12’de görülmektedir.



Şekil 4.12 Sensörlerin yerleştirilmiş hali

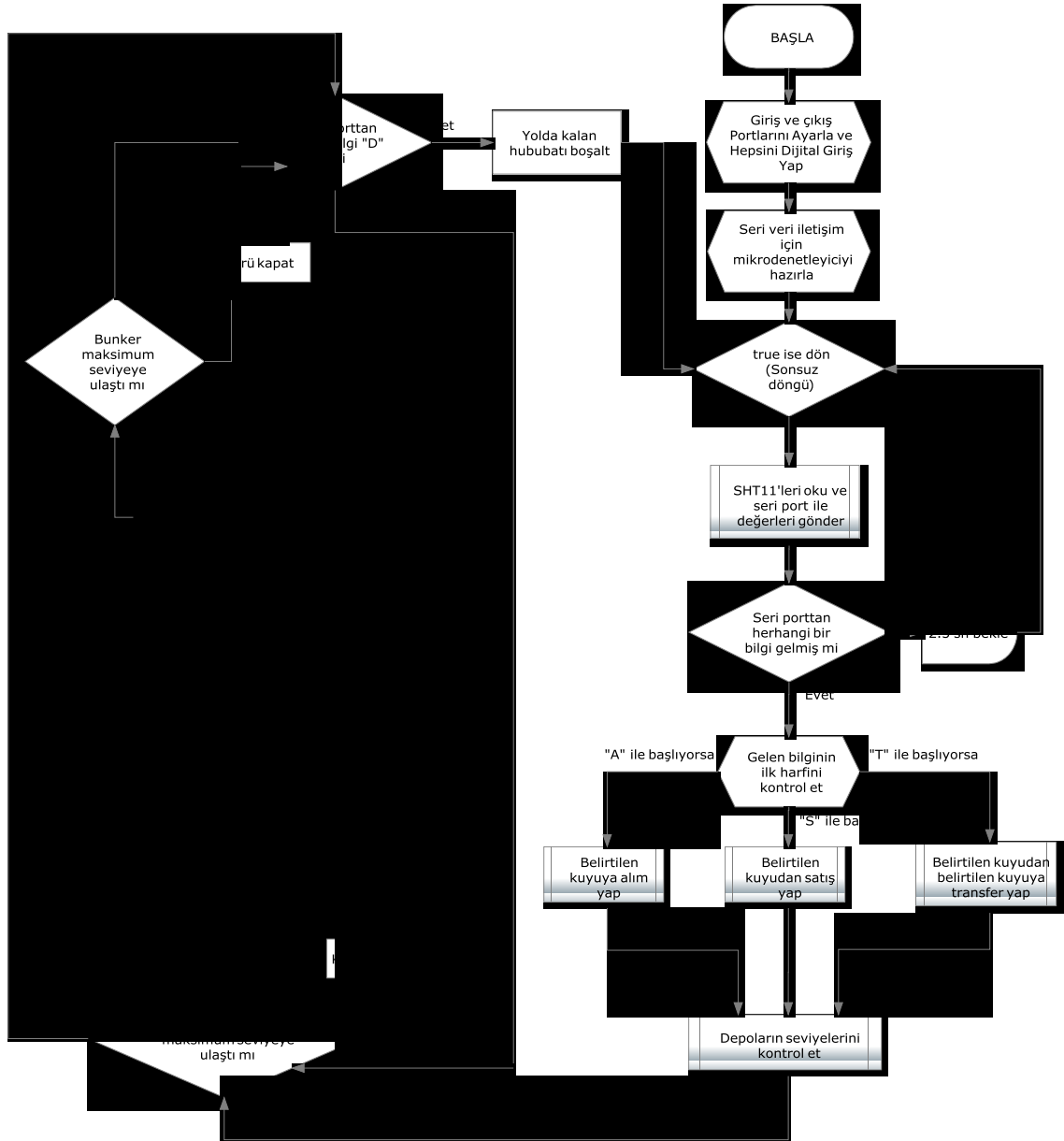
Tartı deposunun yan tarafına ilaçlama ünitesi yerleştirildi ve tartı deposu içine ilacı püskürtecek şekilde konumlandırıldı (Şekil 4.13). Daha sonra silo maketi boyandı.



Şekil 4.13 İlaçlama ünitesinin yerleştirilmiş hali

4.2 PIC Yazılımı

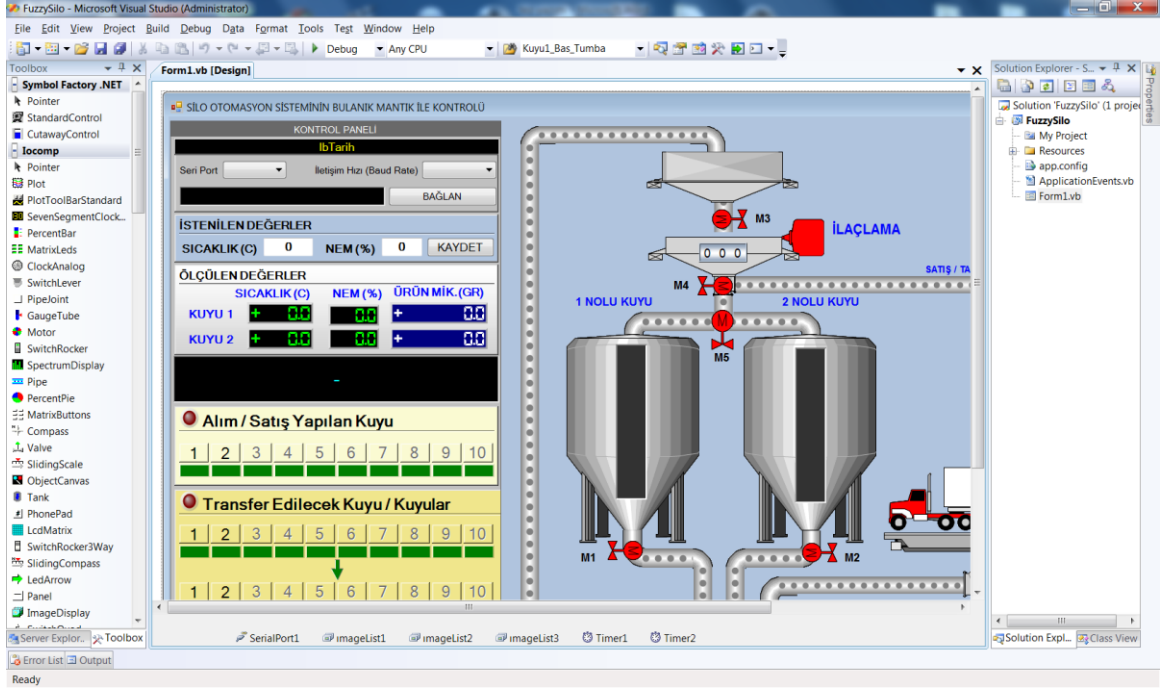
PIC yazılımı için Mikroelektronika firmasının MikroBasic derleyicisi kullanılmıştır. Bu derleyicinin seçilmesindeki nedenler, Basic dilinin kullanımının rahat olması, MikroBasic'in kütüphanelerinin geniş olması, derleyicinin güncel olması ve sürekli güncellenmesi olarak sıralanabilir. Mikrodenetleyici olarak PIC18F452 kullanılmıştır. PIC yazılımına ait akış diyagramı Şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.14 PIC Yazılımı Akış Diyagramı

4.3 PC Yazılımı

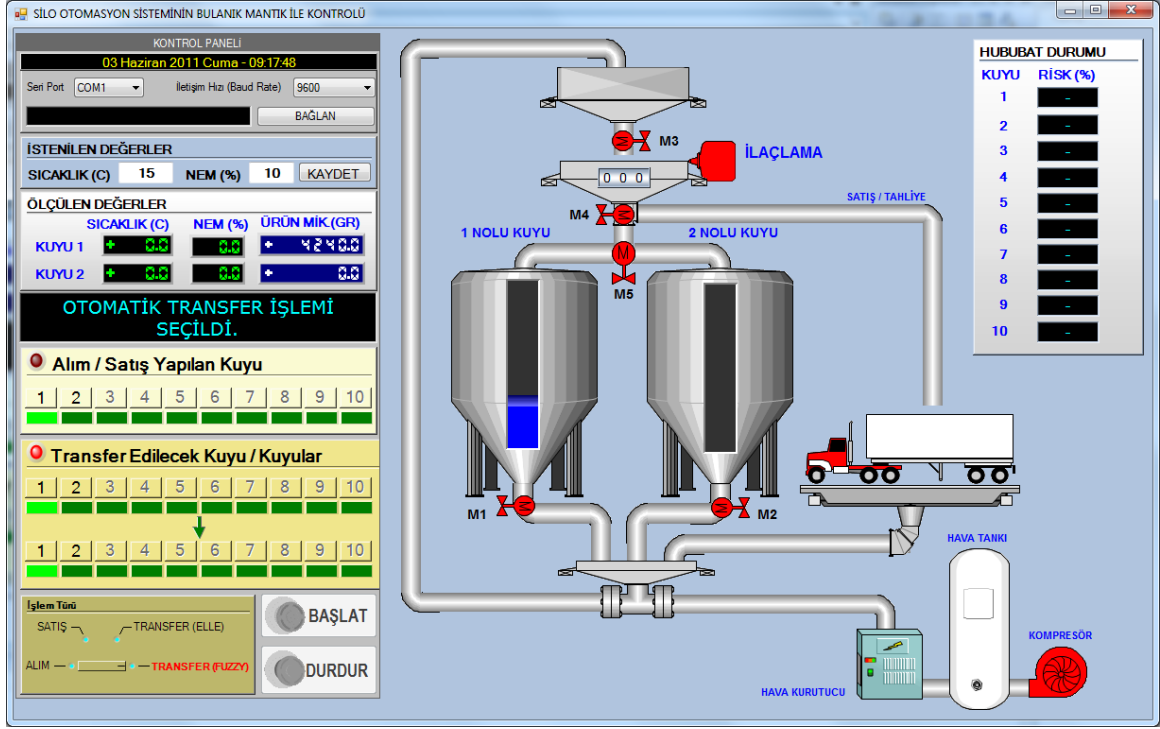
PC arayüz yazılımı Microsoft Visual Studio 2008 içindeki Visual Basic derleyicisi ile geliştirilmiştir. Bu derleyicinin seçilmesindeki nedenler; görsel programlama dilleri içerisinde popülerliğini koruması, dil yapısının kolay, sade ve anlaşılır olması, ilave bileşenlerin rahatlıkla kullanılabilmesi, veri tabanı bağlantılarındaki kolaylıklardır.



Şekil 4.15 Microsoft Visual Basic 2008 Derleyicisi

Program tek bir formdan oluşmaktadır ve bütün işlemler bu form üzerinden yapılmaktadır. Program arayüzü elektronik devrenin bütün kontrolünü kendi üzerinden gerçekleştirmekte olup, elektronik devre tek başına, kuyulardaki sıcaklık ve nem değerlerini ölçmekte ve silo kapak yönlendirmelerini yapmaktadır.

Program arayüzü Şekil 4.16'da görüldüğü gibidir. Arayüzün sol tarafında, bütün işlemlerin yapılabileceği, elektronik devreye komut gönderip değerler alınabileceği bir kontrol paneli bulunmaktadır.



Şekil 4.16 PC Programının Arayüzü

Elektronik devre ile bağlantı kurabilmek için öncelikle seri port ayarlarının yapılması gerekir (Şekil 4.17). Bunun için “Seri Port” kısmından elektronik devrenin bilgisayara bağlı olduğu port seçilir, daha sonra iletişim hızı seçilir. PIC yazılımı 9600 bps (Baud Rate) değerinde çalışmaktadır.



Şekil 4.17 PC Yazılımı - Seri Port Ayarları

Uygun ayarlar seçildikten sonra “Bağlan” düğmesine tıklanır.

Bağlantı başarılı ise, elektronik devreden okunan sıcaklık ve nem değerlerinin gelmesi ve PC arayüzünde gösterilmesi gerekir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 PC Yazılımı - Bağlantı Kuruldu

PC programı, otomasyonla ilgili alınan her veriyi (sıcaklık, nem) ve yapılan her işlemi (alım, satış, transfer vb.) otomatik olarak Excel dosyasına (data.xls) kaydetme özelliğine sahiptir. Kuyulardaki ürün miktarları Excel dosyasından okunarak ekranda gösterilir (Şekil 4.19).

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|----|-------|-------|--------------------------|-------|------------|-----------|---|---|---|
| 1 | KUYU1 | KUYU2 | TARİH | SAAT | İŞLEM TÜRÜ | PLAKA NO | | | |
| 2 | 1 | 2 | 22 Mayıs 2011 Pazar | 02:44 | ALIM | 07 BGD 56 | | | |
| 3 | 3 | 0 | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:29 | TRANSFER | | | | |
| 4 | 3 | 0 | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:31 | TRANSFER | | | | |
| 5 | 3 | 0 | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:33 | | | | | |
| 6 | 3 | 0 | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:34 | | | | | |
| 7 | 5 | 0 | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:37 | ALIM | 67 ER 444 | | | |
| 8 | 5 | 0 | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:38 | | 67 ER 444 | | | |
| 9 | 5 | 0 | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:40 | TRANSFER | 67 ER 444 | | | |
| 10 | 5 | 0 | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:41 | | | | | |
| 11 | 5 | 0 | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:42 | | | | | |
| 12 | 5 | 0 | 02 Haziran 2011 Perşembe | 10:40 | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | |

Şekil 4.19 Excel dosyası – “Kuyular” Sayfası

Şekil 4.20 ve Şekil 4.21'deki gibi, Excel dosyasının diğer sayfalarında yapılan her işlemin ve okunan sıcaklık – nem değerlerinin kaydedilmiş olduğu görülür.

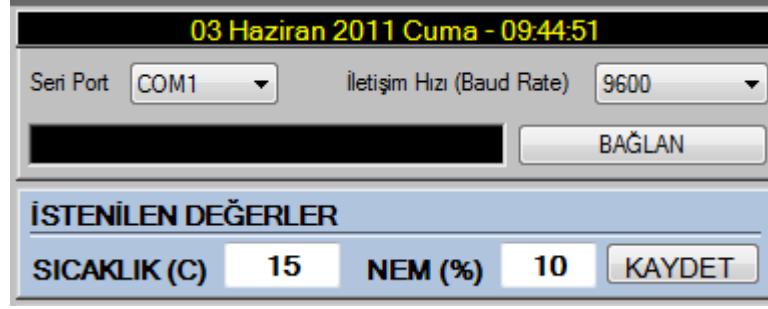
| İŞLEMTURU | TARİH | SAAT | AÇIKLAMA |
|-------------------|-------------------------|-------|---|
| OTOMATİK TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:57 | 0 NOLU KUYUDAN 0 NOLU KUYUYA TRANSFER İŞLEMİ YAPILIYOR... |
| OTOMATİK TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:59 | BUNKER ALTI AÇILIYOR... |
| OTOMATİK TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:08 | 1 NOLU KUYUDAN 1 NOLU KUYUYA TRANSFER İŞLEMİ YAPILIYOR... |
| OTOMATİK TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:13 | 1 NOLU KUYUDAN 1 NOLU KUYUYA TRANSFER İŞLEMİ YAPILIYOR... |
| OTOMATİK TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:17 | kuyu 1 transfer başladı |
| OTOMATİK TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:20 | 1 NOLU KUYUDAN 1 NOLU KUYUYA TRANSFER İŞLEMİ YAPILIYOR... |
| TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:28 | ELLE TRANSFER İŞLEMİ SEÇİLDİ. |
| TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:29 | 2 NOLU KUYUDAN 1 NOLU KUYUYA TRANSFER İŞLEMİ YAPILIYOR... |
| TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:30 | TRANSFER İŞLEMİ TAMAMLANDI. |
| TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:31 | 1 NOLU KUYUDAN 1 NOLU KUYUYA TRANSFER İŞLEMİ YAPILIYOR... |
| OTOMATİK TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:33 | OTOMATİK TRANSFER İŞLEMİ SEÇİLDİ. |
| OTOMATİK TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:34 | 1 NOLU KUYUDAN 1 NOLU KUYUYA TRANSFER İŞLEMİ YAPILIYOR... |
| ALIM | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:37 | ALIM İŞLEMİ SEÇİLDİ. |
| ALIM | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:37 | 1 NOLU KUYUYA ALIM İŞLEMİ YAPILIYOR... |
| OTOMATİK TRANSFER | 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 19:38 | 1 NOLU KUYUDAN 1 NOLU KUYUYA TRANSFER İŞLEMİ YAPILIYOR... |

Şekil 4.20 Excel dosyası - "İşlemler" Sayfası

| TARİH | SAAT | KUYU 1 NEM | KUYU 1 SICAKLIK | KUYU 2 NEM | KUYU 2 SICAKLIK |
|-------------------------|-------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:57 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:57 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:57 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |
| 30 Mayıs 2011 Pazartesi | 18:58 | 12.5 | 21.4 | 12.7 | 21.4 |

Şekil 4.21 Excel Dosyası – "Sıcaklık-Nem" Sayfası

Program arayüzüne tekrar döndüğünde, Seri Port ayarının hemen altında “**İstenilen Değerler**” isminde bir bölüm olduğu görülür (Şekil 4.22). Bu bölümde, kuyu içerisindeki hububatın hangi sıcaklık ve mutlak nem değerlerinde muhafaza edilmesi gerekiyorsa, o değerler girilerek “**Kaydet**” düğmesine tıklanır. Bulanık mantık kontrolcüsü, bu değerlere göre işlem yapacaktır.



Şekil 4.22 PC Yazılımı - İstenilen Değerler Bölümü

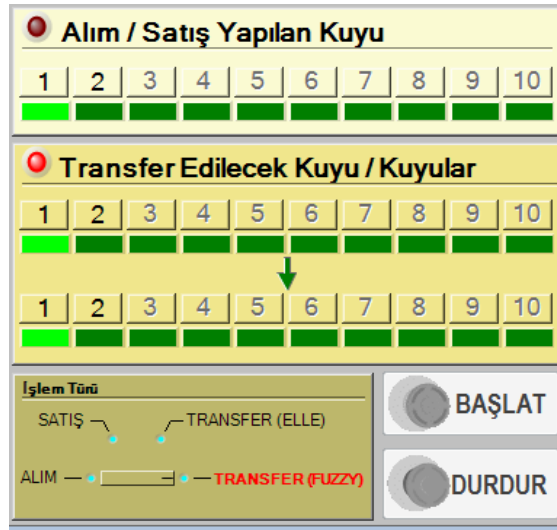
Ölçülen değerler bölümünün hemen altında yer alan mesaj penceresi ise, o an için program arayüzünde veya silo otomasyonunda (çalışması sırasında) yapılan işlemleri mesaj olarak gösterir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 PC Yazılımı - Mesaj Penceresi

Mesaj penceresinin alt kısmında bulunan bölüm ise, hangi kuyuya alım yapılacağını, hangi kuyudan satış yapılacağını veya hangi kuyudan hangi kuyuya transfer yapılacağını seçilerek, elektronik devreye ve dolayısıyla silo sistemine komutların gönderildiği bölümdür. Bu bölümde bulunan “**Başlat**” düğmesi seçilen işlem türüne (Alım/Satış/Transfer/Transfer (Fuzzy)) göre aktif veya pasif olmaktadır. Görevi seçilen işlem türüne göre elektronik devreye komut göndererek otomasyon işlemlerini

başlatmaktır. Ayrıca bu düğme, seri port üzerinden bağlantı kurulmadığı sürece aktif olmayacaktır. “**Durdur**” düğmesi ise başlanmış bir işi sonlandırmak için kullanılır. Program çalıştırıldığında işlem türü varsayılan olarak Transfer (Fuzzy) seçili olarak açılır. Transfer (Fuzzy) seçili ise program bu kısımda, ölçülen değerlere ve istenilen değerlere göre bulanık mantık kural tablosunu işletir. Şayet transfer ve havalandırma yapılması gereken bir durum oluşursa o zaman devreye kendisi komut göndererek işlemleri yapar ve sonlandırır (Şekil 4.24)



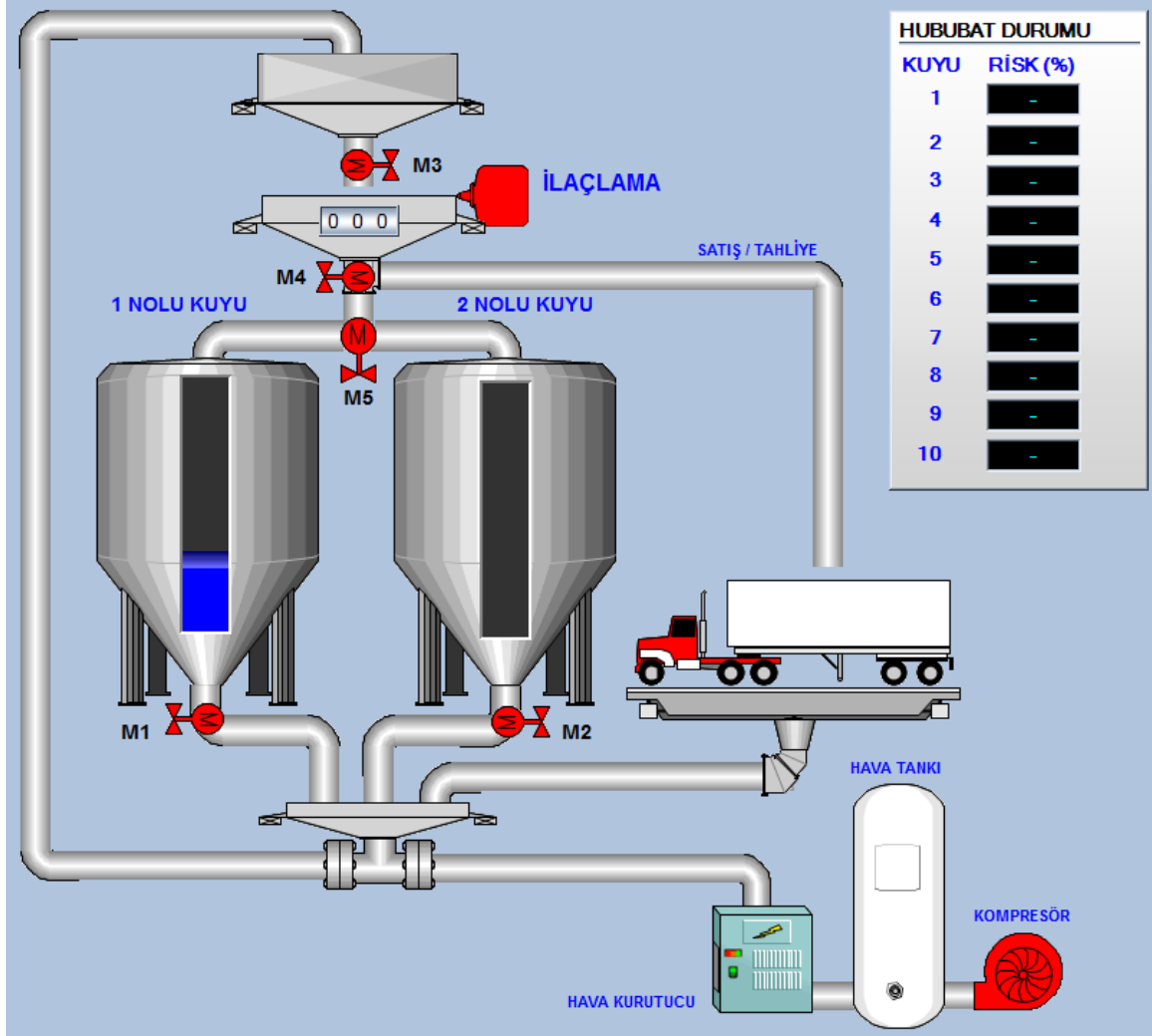
Şekil 4.24 PC Yazılımı - İşlemler Bölümü

Program arayüzünde sağ üst bölümde “Hububat Durumu” gösterilir. Burada durum, kuyu içindeki hububatın sağlık durumunun (sıcaklık-nem değerlerine göre) bulanık mantık kuralları sonucu oluşturulmuş yüzdesel risk durumudur.

| HUBUBAT DURUMU | |
|----------------|----------|
| KUYU | RISK (%) |
| 1 | - |
| 2 | - |
| 3 | - |
| 4 | - |
| 5 | - |
| 6 | - |
| 7 | - |
| 8 | - |
| 9 | - |
| 10 | - |

Şekil 4.25 PC Yazılımı - Hububat Durum Penceresi

Program arayüzünün orta kısmında (Şekil 4.26) silo otomasyon sisteminin çalışması animasyon olarak gösterilerek kullanıcının otomasyon sisteminin çalışmasını daha rahat algılaması sağlanmıştır.



Şekil 4.26 PC Yazılımı - Animasyon Bölümü

Animasyon bölümündeki çizimler, yapılan silo maketinin çalışma mantığına uygun olarak oluşturulmuştur. Şekilde görüldüğü gibi kuyu altlarını, kuyu üstlerini, bunker altını ve tartı deposu altını kontrol eden toplamda 5 adet motor vardır. İlaçlama ünitesinin tartı deposuna ilaçlama yapacak şekilde konumlandırıldığı daha önce belirtilmişti.

başlayıp “#” karakteri ile bitiyorsa elektronik devreden tumba bilgisinin geldiği anlaşılır ve tumba bilgisi uygun bileşenlerde gösterilerek silo kuyularındaki mevcut hububat miktarı hesaplanır. Animasyondaki silo kuyuları üzerinde mevcut seviye göstergeleri güncellenir. Seri porttan gelen bilgi “|” karakteri ile başlayıp “#” karakteri ile bitiyorsa elektronik devreden, donanımdaki ekipmanlar (kuyu alt kapakları, üst kapakları vs.) hakkında mesaj bilgisinin geldiği anlaşılır ve bu mesajlar mesaj ekranında görüntülenir.

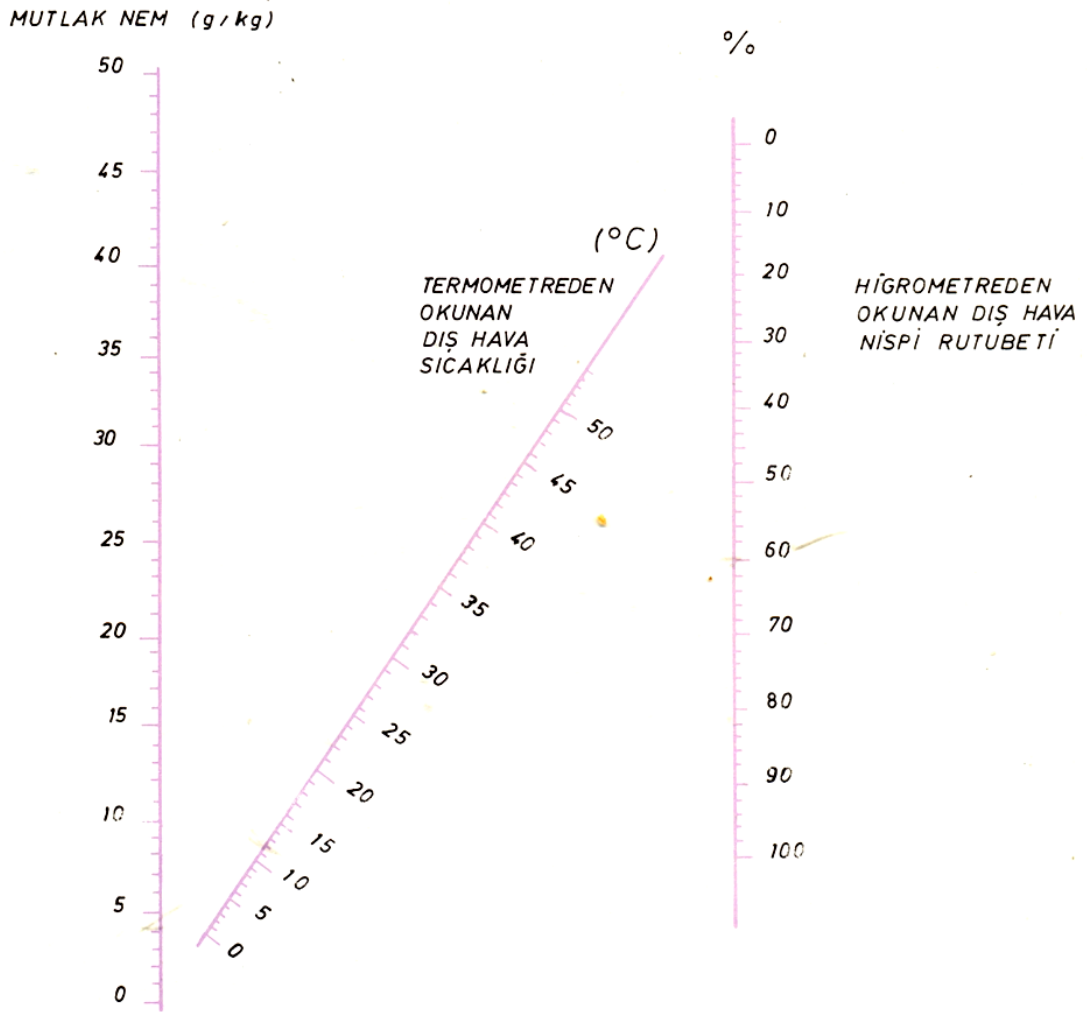
4.4 Bulanık Mantık Kümeleri ve Kural Tablosu

TMO'daki mevcut hububat depolarında havalandırma işlemlerinin yapılabilmesi için belirli şartların sağlanmış olması gerekmektedir. Birinci şart; dış hava ve ürün sıcaklığının uyuşup uyuşmadığının tespitidir. Bu durum için termometreden okunan dış hava sıcaklığı ve ısı ölçme sistemleriyle okunan yığın sıcaklığının birbirine uygunluğu Şekil 4.28'den yararlanılarak tespit edilir. Eğer her iki sıcaklık değeri (+) bölüm olan taralı kesimde kesişiyorsa fanların çalıştırılması için uygun sıcaklık şartı sağlanmış olur. Eğer taralı olmayan (-) bölümde kesişiyorsa fanların çalıştırılması için uygun şart sağlanmamış olur.



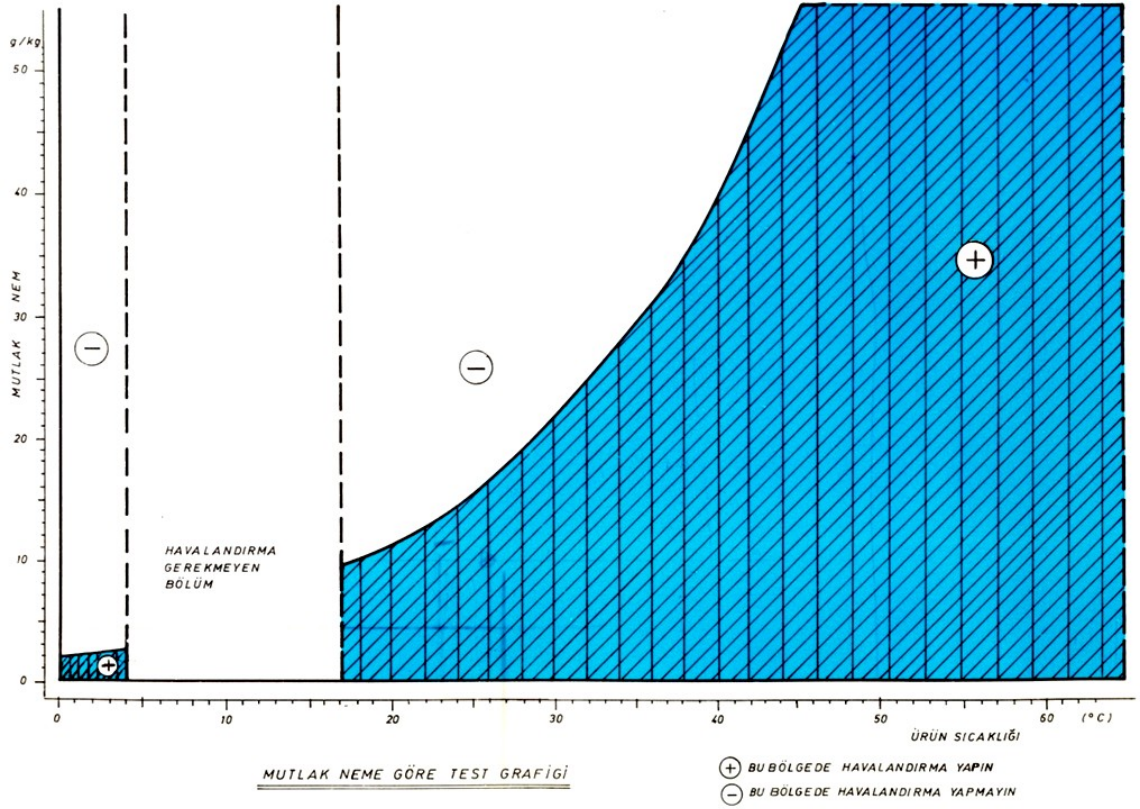
Şekil 4.28 Sıcaklık Test Grafiği (TMO 1989)

İkinci şart olarak, dış hava nispi rutubetinin uygunluğu gerekir. Önce higrometre ile % olarak hava nispi rutubeti ölçülür. Şekil 4.29'da dış hava sıcaklığı ve nispi rutubeti için bulunan değerler bir doğru çizilerek birleştirilir. Daha sonra bu doğrunun aynı şekildeki (Şekil 4.29) mutlak nem skalasını kestiği noktadan mutlak nem miktarı okunur. Bulunan mutlak nem değeri, Şekil 4.30'daki ürün sıcaklığı değeri ile kesiştirilir. Kesişme noktası (+) bölüm olan taralı kesimde kalıyorsa fanların çalıştırılması için ikinci şart da sağlanmış olur. Eğer kesişme noktası (-) bölüm olan taralı olmayan kesimde kalıyorsa fanlar çalıştırılmaz.



MUTLAK NEMİN BULUNMASI İÇİN KULLANIN

Şekil 4.29 Mutlak Nem Hesaplama Grafiği (TMO 1989)



Şekil 4.30 Mutlak Neme Göre Test Grafiği (TMO 1989)

Örnek:

Dış hava sıcaklığı HS = 8 °C

Ürün sıcaklığı ÜS = 30 °C

% Nispi Rutubet NR = %44

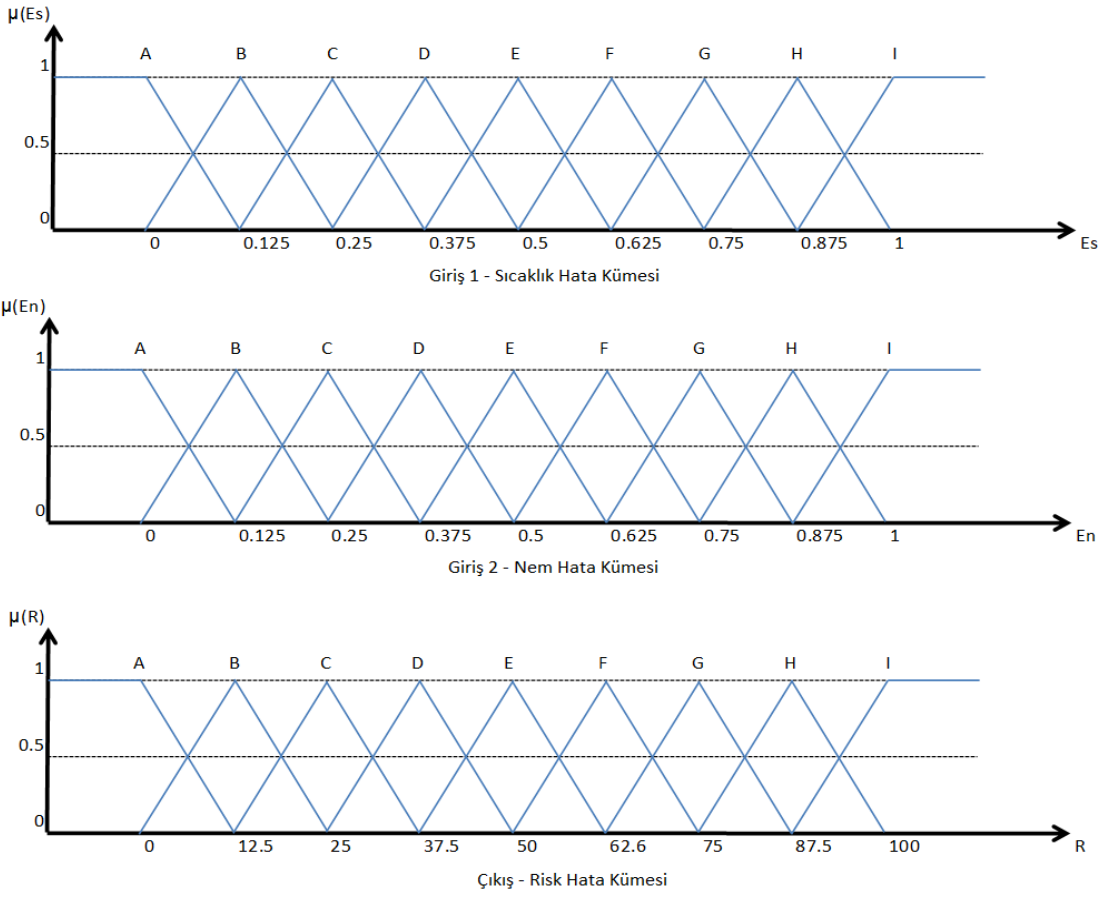
Birinci şart: Şekil 4.28’de HS ve ÜS (+) bölümde kesişir ve şart sağlanmış olur.

İkinci şart: Şekil 4.29’da NR=%44 ve HS=8°C için mutlak nem değeri MN=3gr/kg olur. Şekil 4.30’da mutlak nem ve ürün sıcaklığından çizilen doğrularla elde edilen kesişme noktası (+) taralı bölümde bulunduğu için ikinci şart da sağlanmış olur ve havalandırma fanları çalıştırılır.

Mevcut sistemde, depolarda havalandırma işlemlerinin yapılabilmesi için yukarıdaki bütün işlemlerin yapılması gerekmektedir. Ayrıca Şekil 4.28, Şekil 4.29 ve Şekil 4.30’da da görüldüğü gibi bu sistemin belirli bir matematiksel modeli yoktur. Bu nedenle sistemin bulanık mantık ile kontrol edilmesi tercih edilmiştir.

PC yazılımındaki İşlem Türü “Transfer Fuzzy” olarak seçildiğinde, yazılım, bulanık mantık kümelerini ve kural tablosunu işleterek, kuyulardaki hububatın sıcaklık ve neminin uygun şartlarda olup olmadığını, yani hububatın sağlık durumu hakkında yüzdesel olarak risk durumunu hesaplar. Risk değeri yükseldikçe hububatın havalandırılma aciliyeti artar. Program, otomatik modda iken (işlem türü: transfer fuzzy olarak seçili iken) risk değeri belirlenen bir değerin üzerine çıktığında (uygulamada bu değer %20 olarak kabul edilmiştir) otomatik olarak transferi başlatarak ürünü havalandırmaya başlar. Havalandırma işlemindeki öncelik, risk seviyesi daha yüksek olan kuyunundur. Örneğin 1 nolu kuyunun risk seviyesi %20, 2 nolu kuyunun %21 ise öncelikle 2 nolu kuyu havalandırılır. Ürün havalandırılırken ara ara sıcaklık ve nem değerleri tekrar kontrol edilir ve bulanık mantık kuralları işletilmeye devam eder. İstenilen yüzdesel risk değerine düşünceye kadar (bu değer uygulamada %15 kabul edilmiştir) havalandırma işlemi devam eder. Yazılımda bulanık mantık kümeleri oluşturulurken istenen nem ile ölçülen nem değeri arasındaki hata değeri (En) ve istenen sıcaklık değeri ile ölçülen sıcaklık değeri arasındaki hata değeri (Es) göz önüne alınmıştır. Çıkış kümesi (R) ise risk değerini yüzdesel değer olarak verir.

Yazılımda kullanılan bulanık kümeler, Şekil 4.31’de gösterilmiştir.



Şekil 4.31 Bulanık Kümeler

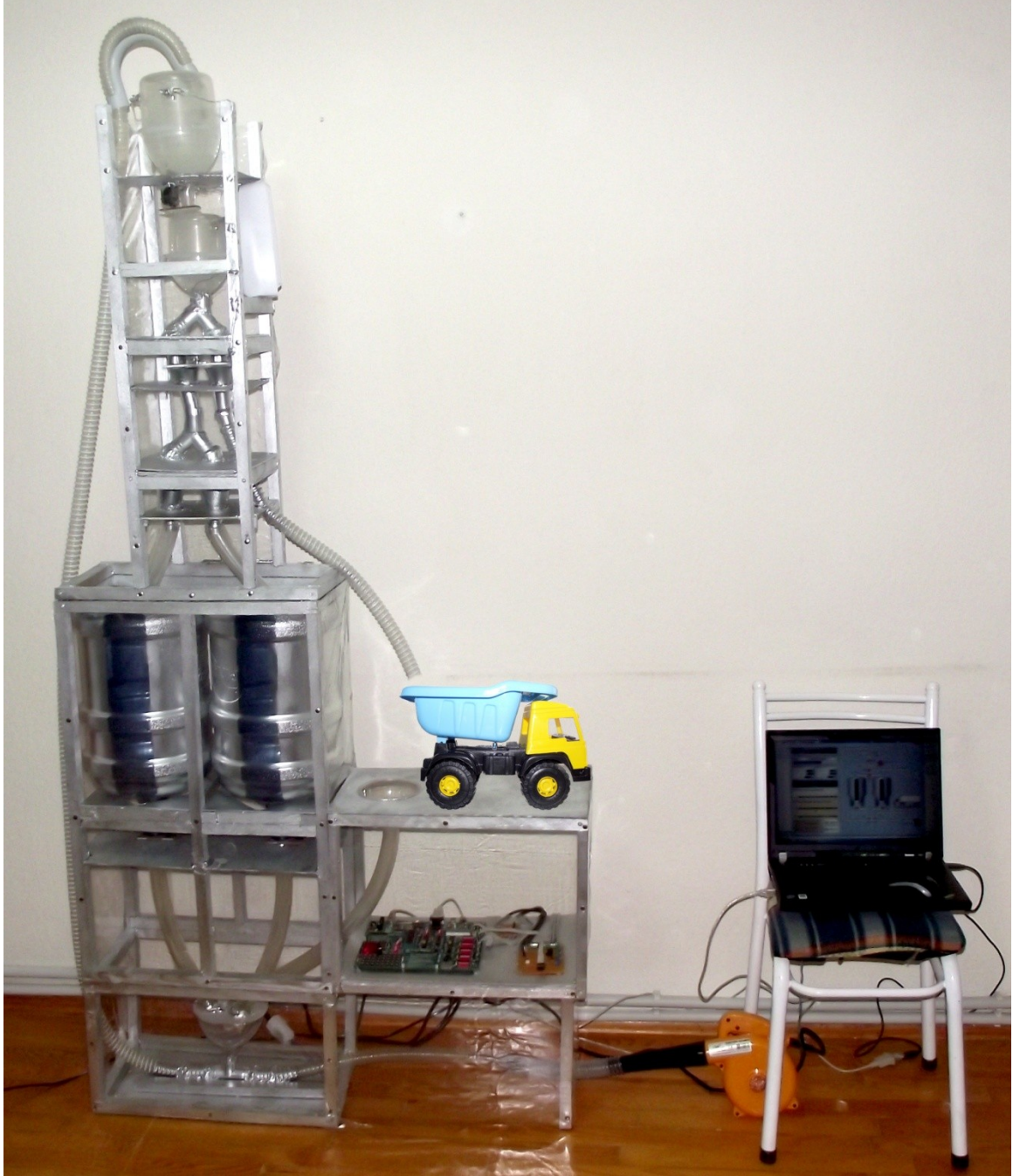
Şekil 4.28 ve Şekil 4.30'daki grafiklerden yararlanılarak uzman yardımı ile kural tablosu çıkarılmıştır. Yazılımda kullanılan bulanık mantık kümelerine ait kural tablosu Çizelge 4.1'deki gibidir.

Çizelge 4.1 Bulanık Mantık Kural Tablosu

| Es / En | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | I | I | H | G | E | E | F | G | H |
| B | I | I | H | G | D | D | E | F | G |
| C | I | I | H | G | C | C | D | E | F |
| D | I | H | G | F | B | B | C | D | E |
| E | I | H | G | F | A | A | B | B | B |
| F | I | H | G | F | B | A | B | B | B |
| G | I | H | G | F | C | A | B | B | B |
| H | I | H | F | E | D | A | B | B | C |
| I | I | H | F | E | E | A | B | C | C |

5. BULGULAR

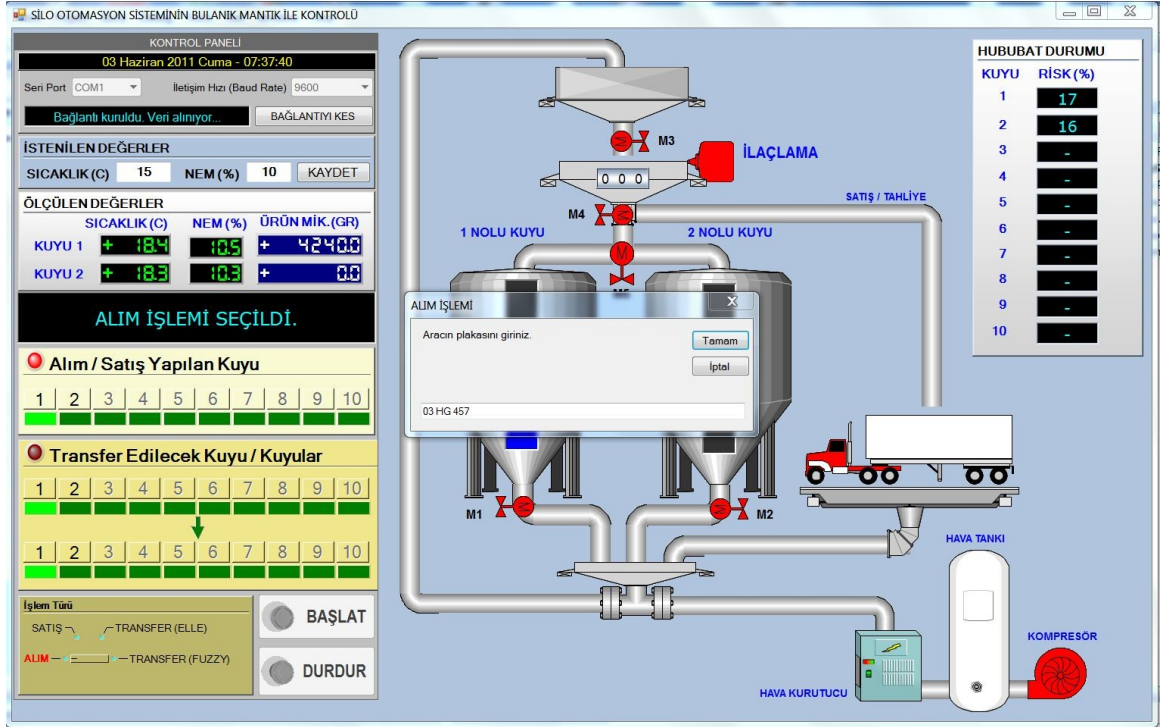
Gerçekleştirilen bulanık mantık kontrollü silo otomasyon sistemi (silo maketi + elektronik devreleri ve yazılımı) Şekil 5.1’de görülmektedir.



Şekil 5.1 Silo Otomasyon Sisteminin Son Hali

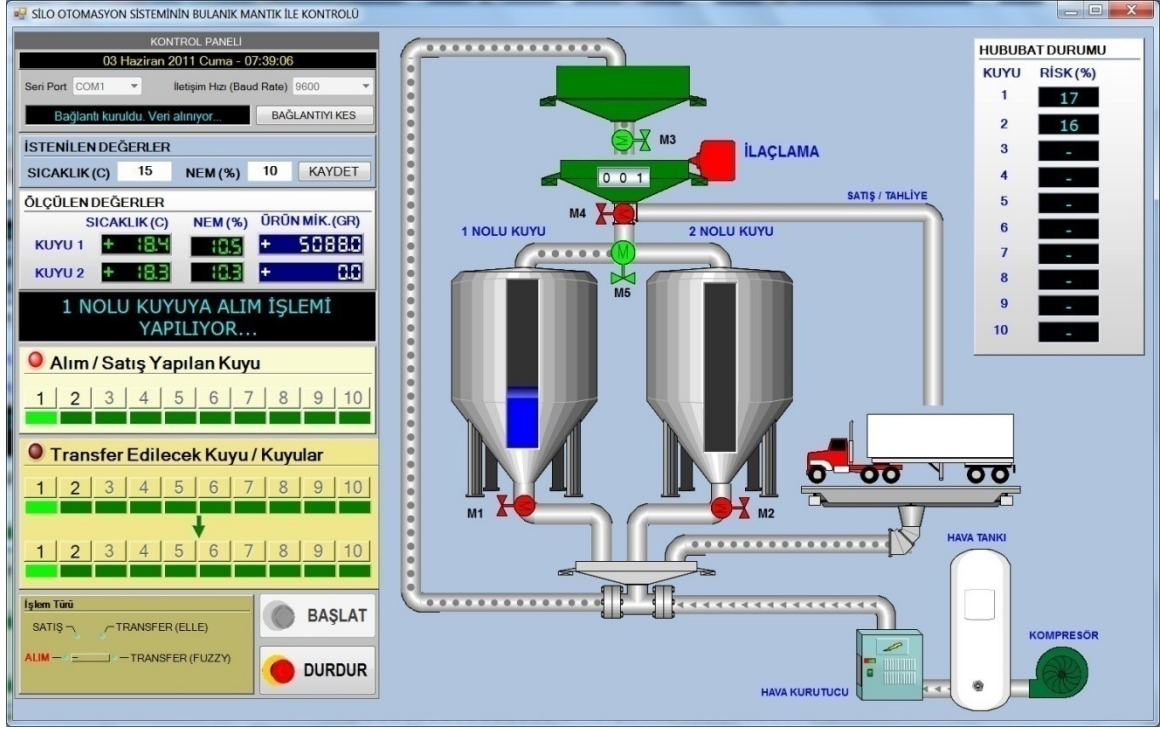
5.1 Alım İşlemi

Alım işlemi için PC yazılımında Seri Port bağlantısı kurulduktan sonra “İşlem Türü” seçeneği “ALIM” konumuna getirilir. “Alım/Satış Yapılacak Kuyu” bölümünde hangi kuyuya ürün alımı yapılacaksa o kuyu seçili hale getirilir. “Başlat” düğmesine tıklandığında, alım yapılacak aracın plakasının girilmesi gerekir (Şekil 5.2).

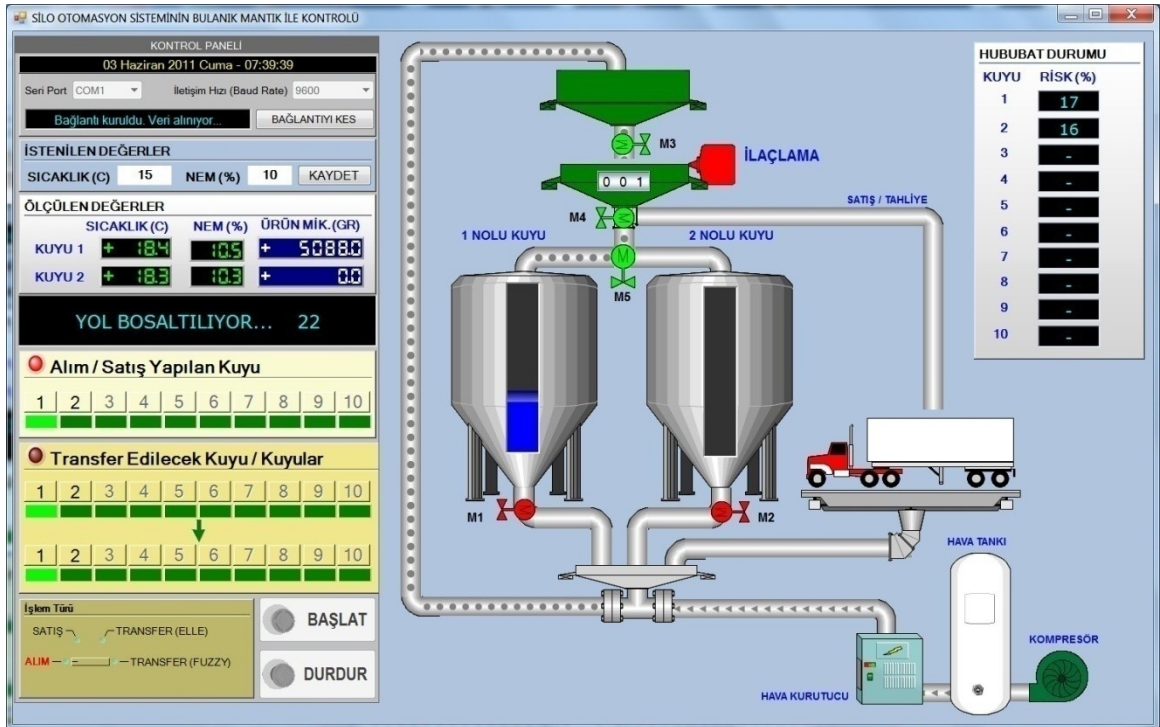


Şekil 5.2 Alım İşlemi - Plaka Girilmesi

Plaka girildiğinde yazılım, elektronik devreye komut gönderir ve alım işlemi başlar. Alım işlemi PC yazılımında animasyon şeklinde adım adım görünür. Açık konumda olan motorlar yeşil, kapalı konumda olanlar ise kırmızı renkle gösterilir. Tartı deposu üzerinde yer alan tumba miktarı, tartı deposunun maksimum seviyeye ulaştığı anda 1 artar (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 Alım İşlemi – Kuyuya Ürün Alınması

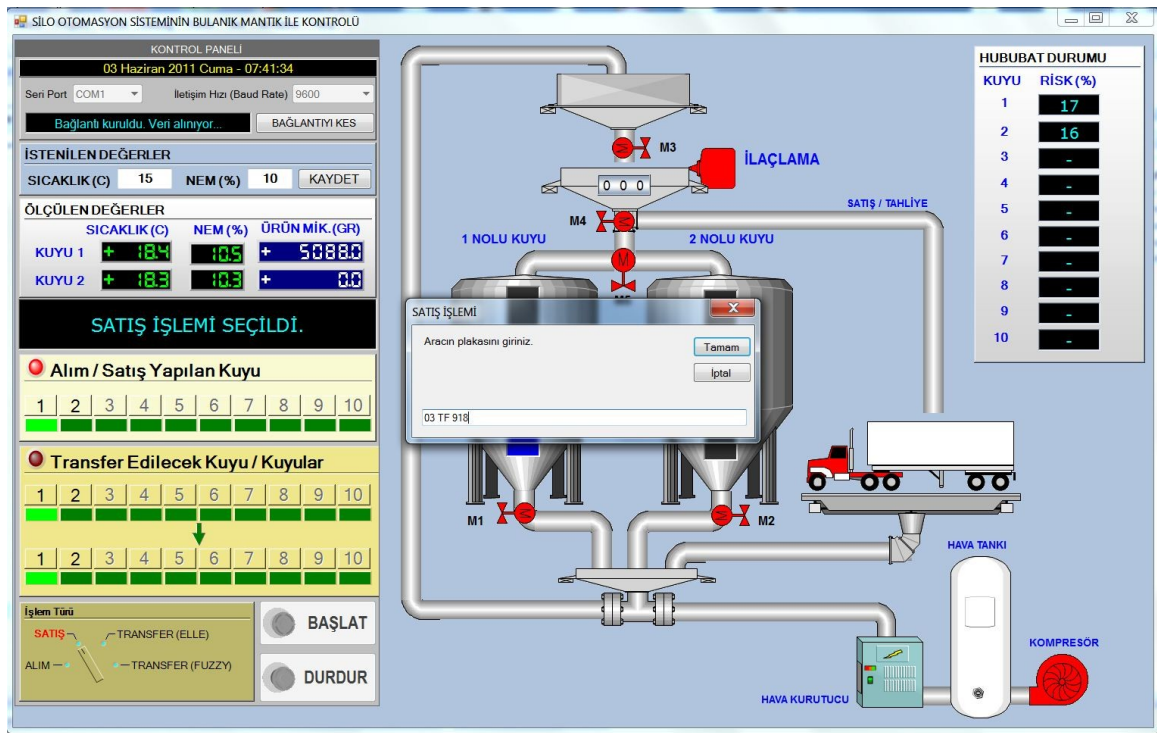


Şekil 5.4 Alım İşlemi – Yolun Boşaltılması ve Alımın Sonlandırılması

Alım işlemi tamamlanmak istendiğinde, “**Durdur**” düğmesine tıklanır. Düğmeye tıklanma işleminden sonra, program –varsa- yolda kalan hububatın kuyuya aktarılması için belirli bir süre sayar (uygulamada bu süre 30 sn seçilmiştir) ve bu süre sonunda tüm yolları kapatarak alım işlemini sonlandırır (Şekil 5.4).

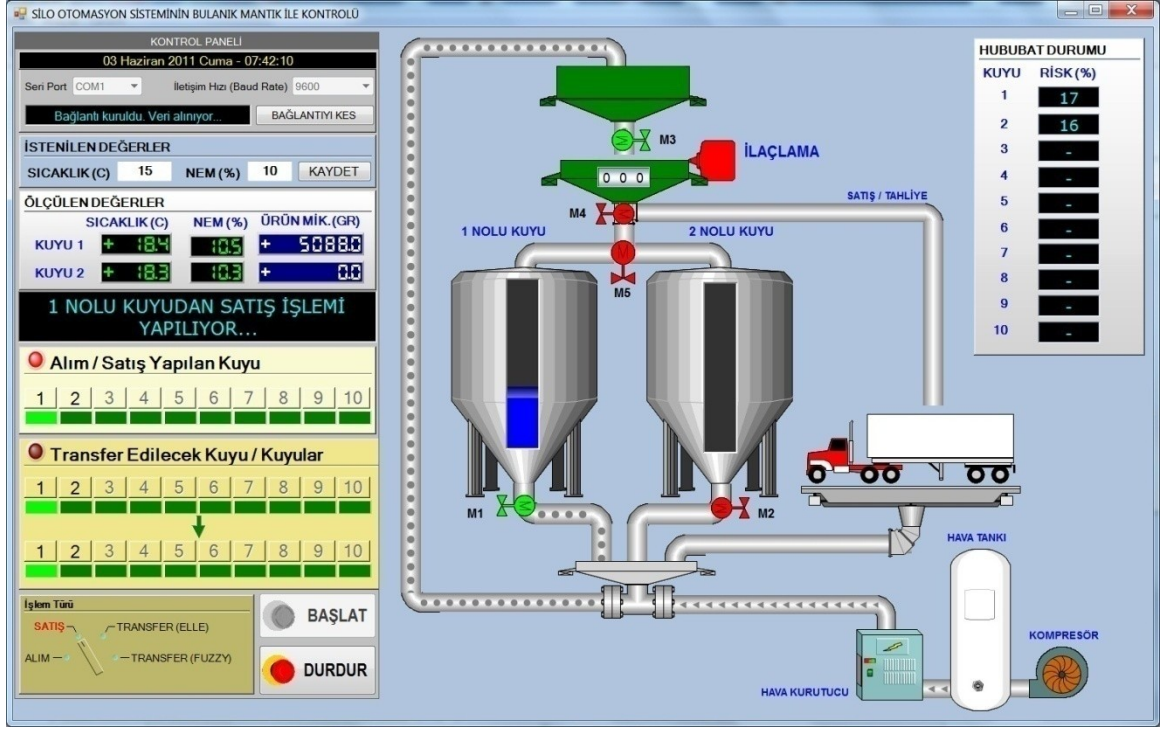
5.2 Satış İşlemi

Satış işlemi için PC yazılımında Seri Port bağlantısı kurulduktan sonra “**İşlem Türü**” seçeneği “**SATIŞ**” konumuna getirilir. “**Alım/Satış Yapılacak Kuyu**” bölümünde hangi kuyudan ürün satışı yapılacaksa o kuyu seçili hale getirilir. “**Başlat**” düğmesine tıkladığında, satış yapılacak aracın plakasının girilmesi gerekir (Şekil 5.5).

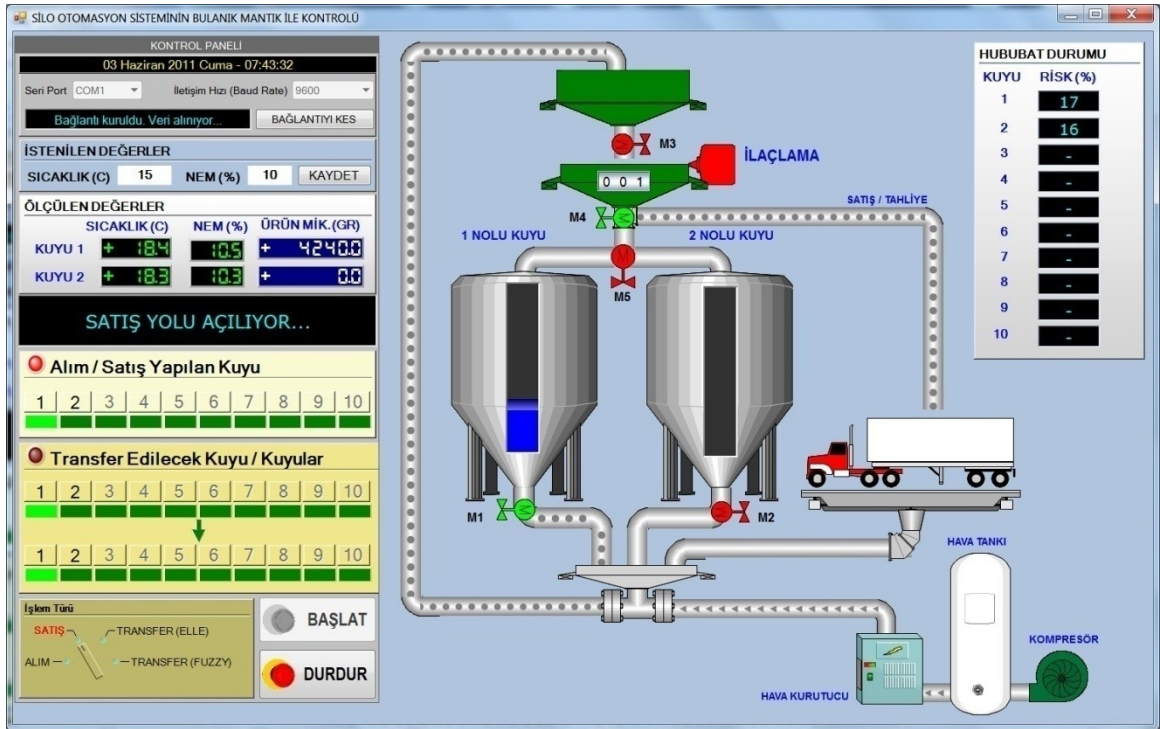


Şekil 5.5 Satış İşlemi - Plaka Girilmesi

Plaka girildiğinde yazılım, elektronik devreye komut gönderir ve satış işlemi başlar. Satış işlemi PC yazılımında animasyon şeklinde adım adım görünür. Açık konumda olan motorlar yeşil, kapalı konumda olanlar ise kırmızı renkle gösterilir. (Şekil 5.6).



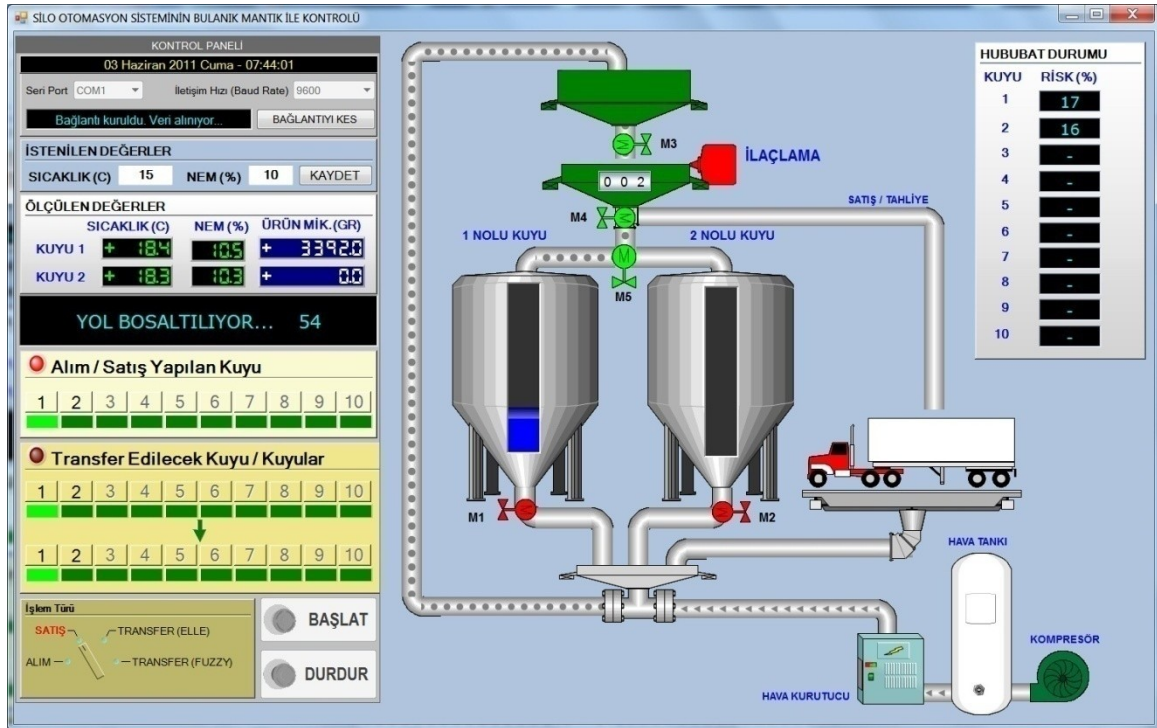
Şekil 5.6 Satış İşlemi – Kuyudan Ürün Satışı



Şekil 5.7 Satış İşlemi – Satış Yolunun Açılması

Tartı deposu üzerinde yer alan tumba miktarı, tartı deposunun maksimum seviyeye ulaştığı anda 1 artar ve tartı deposundaki ürünün satış yapılan araca yüklenmesi için satış yolu açılır (Şekil 5.7).

Satış işlemi tamamlanmak istendiğinde, “**Durdur**” düğmesine tıklanır. Düğmeye tıklanma işleminden sonra, program –varsa- yolda kalan hububatın kuyuya geri aktarılması için belirli bir süre sayar (uygulamada bu süre 60 sn seçilmiştir) ve bu süre sonunda tüm yolları kapatarak satış işlemini sonlandırır (Şekil 5.8).

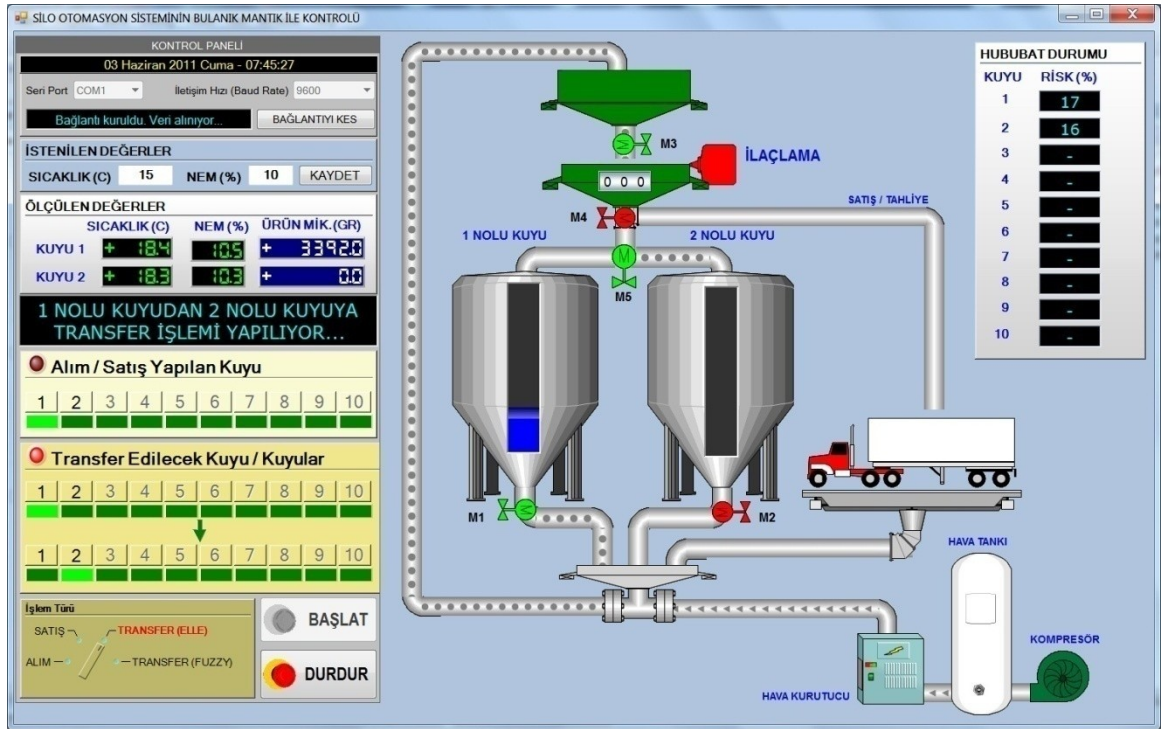


Şekil 5.8 Satış İşlemi – Yolun Boşaltılması ve Satışın Sonlandırılması

5.3 Transfer ve İlaçlama İşlemi

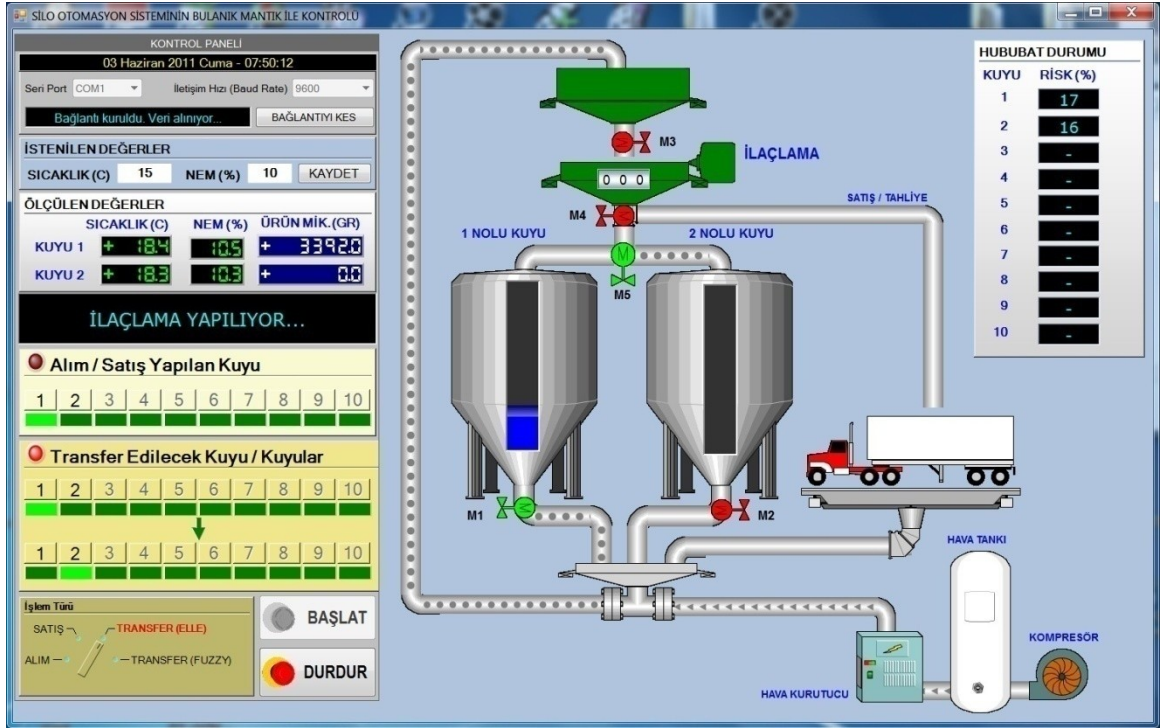
Depolarda saklanan hububatın sağlıklı olarak muhafaza edilebilmesi için belirli aralıklarla havalandırılması ve ilaçlanması gerekir. Havalandırma ve ilaçlama işleminin yapılabilmesi için de hububatın bir kuyudan diğerine veya kendi üzerine transfer edilerek aktarılması gerekir.

Transfer işlemi için PC yazılımında Seri Port bağlantısı kurulduktan sonra “İşlem Türü” seçeneği “TRANSFER (ELLE)” konumuna getirilir. “Transfer Edilecek Kuyu / Kuyular” bölümünde hangi kuyudan hangi kuyuya ürün transferi yapılacaksa o kuyular seçili hale getirilir. “Başlat” düğmesine tıklandığında, yazılım, elektronik devreye komut gönderir ve transfer işlemi başlar. Transfer işlemi PC yazılımında animasyon şeklinde adım adım görünür. Açık konumda olan motorlar yeşil, kapalı konumda olanlar ise kırmızı renkle gösterilir. (Şekil 5.9).

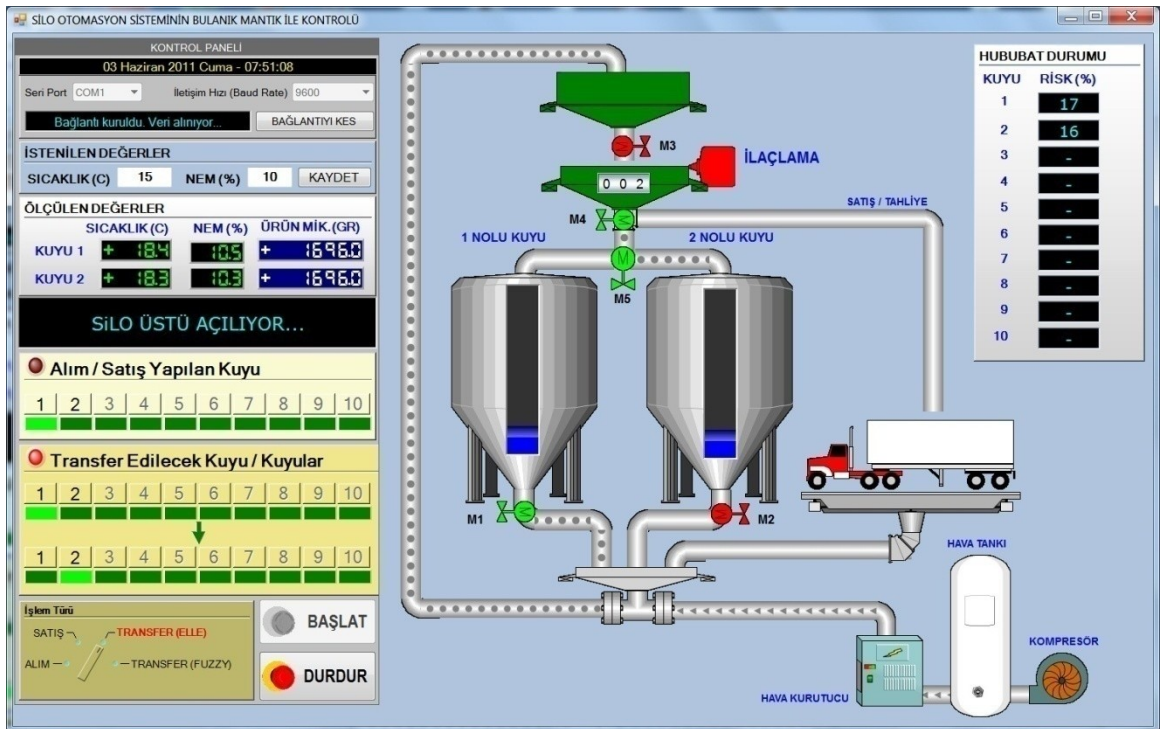


Şekil 5.9 Transfer İşlemi

Tartı deposu üzerinde yer alan tumba miktarı, tartı deposunun maksimum seviyeye ulaştığı anda 1 artar ve tartı deposunun alt kapağı açılmadan önce hemen ilaçlama işlemi yapılır. (Şekil 5.10).



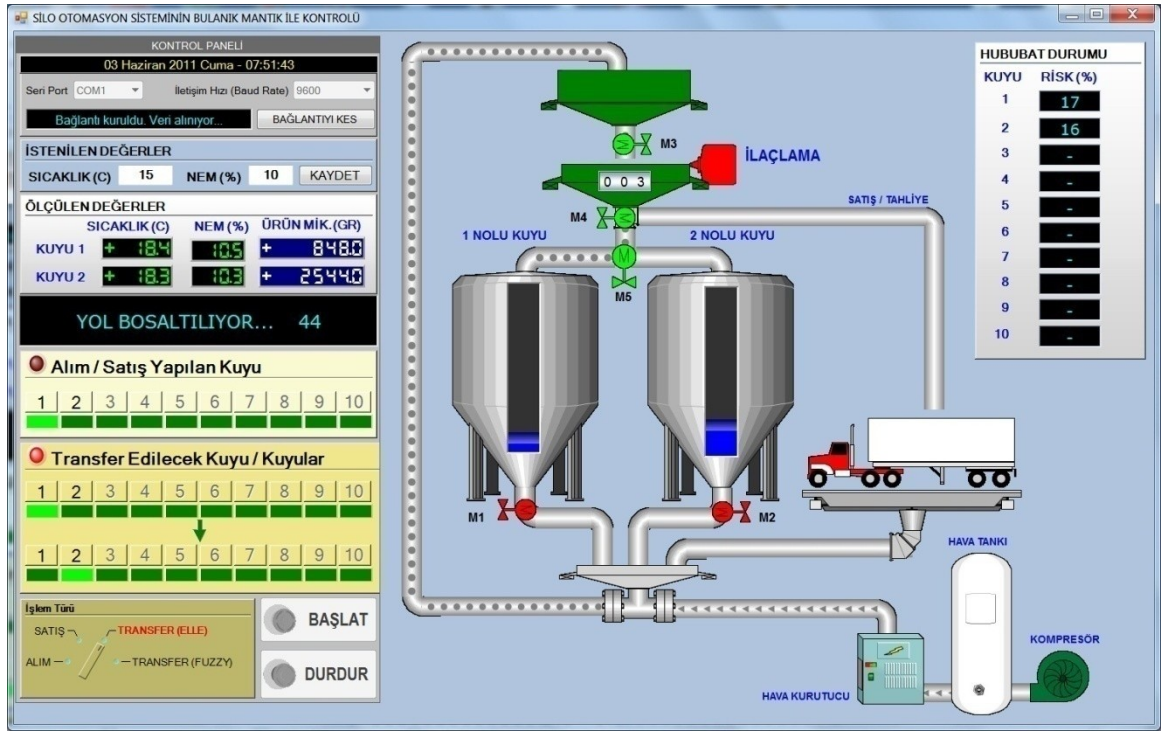
Şekil 5.10 İlaçlama İşleminin Yapılması



Şekil 5.11 Transfer İşlemi - Kuyuya Ürünün Boşaltılması

İlaçlamanın bitiminden sonra tartı deposunun alt kapağı açılarak ürün transfer edilecek kuyuya boşaltılır ve işlemler bu şekilde devam eder (Şekil 5.11).

Transfer işlemi tamamlanmak istendiğinde, “**Durdur**” düğmesine tıklanır. Düğmeye tıklanma işleminden sonra, program –varsa- yolda kalan hububatın transferin başlatıldığı kaynak kuyuya geri aktarılması için belirli bir süre sayar (uygulamada bu süre 60 sn seçilmiştir) ve bu süre sonunda tüm yolları kapatarak transfer işlemini sonlandırır (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 Transfer İşlemi – Yolun Boşaltılması ve Transferin Sonlandırılması

5.4 Örnek Uygulama

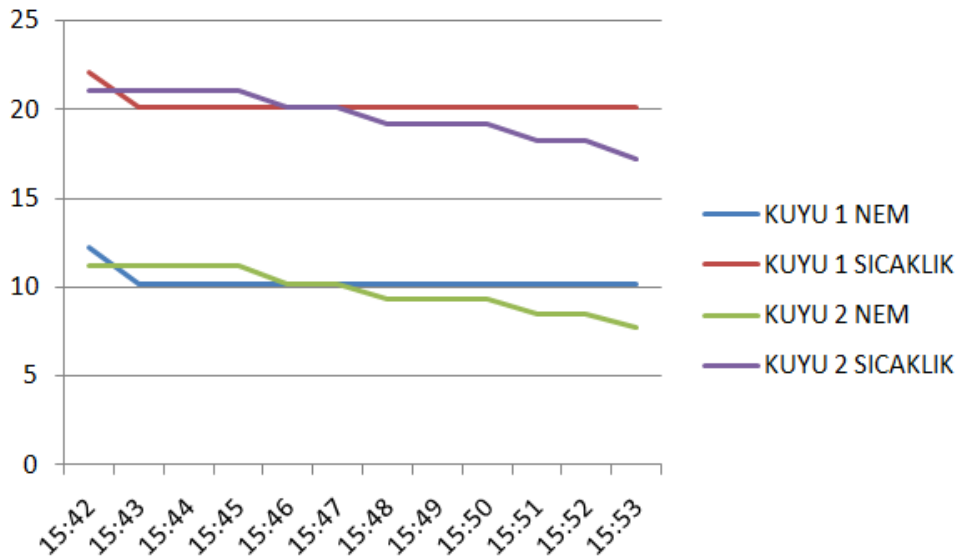
Silo kuyuları içerisine buğday alımı yapılarak program çalıştırılmış ve durum gözlenmiştir. Kuyu 1 ve Kuyu 2’deki ürün sıcaklık ve nem değerleri yükseldikçe risk durumu artmış ve belirli bir noktada Kuyu 2’deki risk seviyesinin %20’nin üzerinde olması ve riskin Kuyu 1’deki risk değerine göre daha yüksek olması sebebiyle hemen ürün transferine başlanmıştır. Transfer sırasında risk seviyesi %15’in altına ininceye

kadar program otomatik olarak sıcaklık ve nem değerlerini ölçerek otomatik olarak Excel dosyasına kaydedilmiştir. Kaydedilen değerler Çizelge 5.1'deki gibidir.

Çizelge 5.1 Ölçülen Sıcaklık - Nem Değerleri

| TARİH | SAAT | KUYU 1 NEM | KUYU 1 SICAKLIK | KUYU 2 NEM | KUYU 2 SICAKLIK |
|----------------------|-------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:42 | 12.2 | 22.1 | 11.2 | 21.1 |
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:43 | 10.2 | 20.1 | 11.2 | 21.1 |
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:44 | 10.2 | 20.1 | 11.2 | 21.1 |
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:45 | 10.2 | 20.1 | 11.2 | 21.1 |
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:46 | 10.2 | 20.1 | 10.2 | 20.1 |
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:47 | 10.2 | 20.1 | 10.2 | 20.1 |
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:48 | 10.2 | 20.1 | 9.3 | 19.2 |
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:49 | 10.2 | 20.1 | 9.3 | 19.2 |
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:50 | 10.2 | 20.1 | 9.3 | 19.2 |
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:51 | 10.2 | 20.1 | 8.5 | 18.2 |
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:52 | 10.2 | 20.1 | 8.5 | 18.2 |
| 03 Haziran 2011 Cuma | 15:53 | 10.2 | 20.1 | 7.7 | 17.2 |

Bu değerlere göre grafik çizdirildiğinde aşağıdaki gibi transfer yapılan Kuyu2'deki hububatın sıcaklık ve nem değerlerinin çok kısa sürede istenilen değerlere yakın bir hale geldiği görülür (Şekil 5.13).



Şekil 5.13 Transfer Sırasındaki Sıcaklık - Nem Grafiği

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye'deki mevcut siloların çok büyük bir kısmında mekanik ve hareketli kısımlar zincirli konveyör, yürüyen bant, kovalı elevatör gibi tamiri, bakımı, revizyonu maliyetli ve çok zor olan parçalardan oluşmaktadır. Konveyör, elevatör ve helezonlu taşıyıcılarda malzemeler genellikle doğrusal yolları takip ettikleri için (hatta helezonlar tamamen doğrusal taşıma yaparlar) hububat ancak yatay, dikey veya eğimli olarak taşınabilir. Bu nedenle helezonların, kovalı elevatörlerin ve konveyörlerin sabit zemine montesi şarttır. Bundan dolayı yer ihtiyacı çok fazladır. Yapılan sistemdeki boruların herhangi bir yere sabitlenmesi şart olmamakla birlikte taşıma hatlarının dikey veya yatay olması gibi bir şart bulunmamaktadır. Havanın akışı yönünde hububat akacaktır. Sadece boru hattının yönünün ve yerinin değiştirilerek bile farklı yönlere taşıma yapılması mümkün olabilmektedir. Eski sistemlerde (kovalı elevatör, konveyör ve helezonun bulunduğu sistemlerde) ise bu değişiklikler çok zordur.

Kovalı elevatör ve konveyörlü makinalarda bir çok mekanik parça, motor, redüktör ve rulmadan oluşmaktadır ve parça sayısı fazla olduğu için arıza yapma ihtimali yüksektir. Elevatör ve konveyörlerin parça bakımı ve değiştirme işlemleri çok zahmetlidir. Özellikle uzun mesafeli konveyör sistemlerinde sadece rulman değişimi bile çok maliyetli ve zaman alan bir işlemdir. Havalı taşıma sistemlerinde genellikle blower (hava körüğü) ve hava kilidi adı verilen iki temel cihaz ile bunları çalıştıran motor ve redüktör bulunmaktadır. Sistemin diğer bileşenleri boru hattı, siklon ve silo gibi öğelerdir. Konveyör ve elevatör sistemlerine göre çalışan ve hareket eden parça sayısı çok daha az olduğu için pnömatik taşıma sistemlerinin arıza yapma riski de düşüktür. Tamir ve bakım işlemleri kısa sürede bitirilebilmektedir.

Helezon ile taşıma işlemi özellikle mısır, fındık, çekirdek gibi hassas malzemeler için uygun değildir. Bu tip malzemeler helezonun dönen parçaları arasında kolaylıkla sıkışıp kırılabilmektedir. Havalı taşıyıcılarda ise taşınan malzemeye zarar verecek herhangi bir ekipman bulunmamaktadır.

Kovalı elevatör ve konveyör sistemleri genellikle malzemeyi açık bir ortamda taşımaktadır. Özellikle tozlu malzemelerde ortama toz karışması, hareketli ekipmanların

kirlenmesi gibi problemler olabilmektedir. Gıda malzemelerinin elevatör ve konveyör ile taşınmasında ortama dağılan gıda parçacıkları bakteri oluşuma riskini doğurmakta, hijyen problemlerine sebep olmaktadır. Hava ile taşıma sistemlerinde ise malzeme kapalı borular içinde iletilmektedir. Ortama herhangi bir toz, partikül yayılımı olmamaktadır. Ayrıca hava kompresörlü sistemde sürtünmeler yok denecek kadar azdır.

Mevcut sistemlerde özellikle yatay ve yarı mekanik depolarda havalandırmalar, depo kenarlarında bulunan birkaç tane havalandırma fanı aracılığıyla yapılmaktadır. Bu fanlar aracılığıyla dışarıdan alınan hava hububatın içerisine hava kanalları aracılığıyla aktarılmakta fakat hububatın her yerinin mümkün mertebe eşit sıcaklık ve nem değerini alması için genellikle çok fazla zaman gereklidir. Ayrıca hava sıcaklığının 0°C'nin altında ve hava nispi rutubetinin de 70'in üzerinde olduğu zamanlarda havalandırma yapılamaması (nem göçünü önlemek için) yine bir dezavantajdır. Bu sistemde havalandırma işlemi için sadece ürünün transfer edilmesi yeterli olacağı gibi, ürün tane tane havalandığı ve borulardan aktığı için neredeyse tek bir havalandırma motoru bile yeterli olacaktır. Ayrıca sistemde, bir hava tankına depolanan hava, istenilen nem ve sıcaklık değerinde tutulabileceği için hububatın havalandırılması sırasında dış etkenler hububatın havalandırılmasına engel olmayacaktır. Hatta ürün daha ilk defa alınıp depoya aktarılırken bile sıcaklık ve nem seviyeleri istenilen değere getirilebilecektir.

Ürün transfer edilirken otomatik olarak ilaçlama yapıldığından ürünün haşereleşmesi büyük ölçüde azaltılacak ve bu nedenle yaşanan ürün kayıpları en az seviyeye inecektir.

Yapılan araştırmalara göre hasat sonrası depolama kayıpları %10'lara varmaktadır. Dünya genelinde yılda yaklaşık 13 milyon ton hububatın yanlış depolama nedeniyle, yılda yaklaşık 100 milyon ton hububatın ise zararlılar nedeniyle kayıp olduğu belirlenmiştir. Bu sistemde depolanan ürünlerin sıcaklık ve nemi sürekli istenilen değerlerde tutulabileceği ve ilaçlama işleminin otomatik yapılması sebebiyle yılda yaklaşık 113 milyon ton kayıp hububatın büyük bir kısmının boşa gitmesi önlenmiş olacaktır.

Transfer işlemleri isteğe bağlı olarak gece saatlerinde yapılması durumunda enerji tasarrufu sağlanabilecektir.

Sistemin en büyük avantajı, uzman bir sistem olduğu için personel kontrolüne ihtiyaç duymaması ve sadece bir iki personelle alım ve satış işlemlerinin yapılabilmesini sağlamasıdır.

Sistemin dezavantajı, hava tankının ve hava kurutma sisteminin kurulması zorunluluğunu getirmesi ve maliyetli olmasıdır. Ayrıca bu sistemin gerçekte uygulanabilmesi için mevcut sistemlerde revize gerektirmekte, hatta birçok mekanik kısmın değiştirilerek bu sisteme dönüştürülmesini gerektirmektedir. Ayrıca gerçek uygulamada daha fazla silo kuyusu olacağından, yazılım maliyetleri yüksektir ve sistem hazırlanıp uygulamaya geçirilene kadar başlı başına bir uzmandan yardım alınmalıdır. Sistem denenerek daha ideal sonuçlar elde edilmesi için büyük bir zaman gereklidir.

Sistem RS232 portu üzerinden haberleşmekte olup daha çok kısa mesafeler için idealdir. Daha uzak noktalardan kontrolü için PC yazılımının ve elektronik devrenin internet üzerinden haberleşmesi sağlanabilir. Üstteki tartı deposu minimum ve maksimum sensörleri ile kontrol edilmek yerine daha doğru ağırlık ölçen bir sistem yapılabilir.

7. KAYNAKLAR

- Alberico, R. & Micco, M., 1990. Expert systems for reference and information retrieval. London: Meckler.
- Atacak, İ. & Bay, Ö.F., 2004. Bulanık Mantık Denetimli Seri Aktif Güç Filtresi Kullanılarak Harmonik Gerilimlerin Bastırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **19(2)**: 205-15.
- Dizlek, H., Gül, H. & Kılıçdağı, R., 2008. Tahılların Depolanmasında En Sık Karşılaşılan Sorunlar ve Bu Sorunların Çözüm Önerileri. Türkiye 10. Gıda Kongresi, Erzurum, 21-23 Mayıs 2008.
- Emel, G.G. & Taşkın, Ç., 2002. Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, **XXI(1)**: 129-52.
- Goldberg, D.E., 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley, USA.
- Gözüm, A.V., 1992. Dökme hububat depolamada karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- MEB, 2010. Tahılları Depolama. Ankara.
- Özden, S., 2007. Bir Elektrikli Asansör Sisteminin Bulanık Mantık Tekniği ile Denetimi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- TMO, 1989. Havalandırma ve Kurutma El Kitabı. Ankara.
- TMO, 2008. Toprak Mahsulleri Ofisi 2008 Yılı Hububat Raporu. Ankara.
- TMO, 2010. Toprak Mahsulleri Ofisi - Stratejik Plan 2010-2014. Ankara.
- Tutar, B., 2010. Adana İli ve İlçelerindeki Yatay Betonarme Hububat Depo Yapılarının Mevcut Durumu, Geliştirme Olanakları, Planlanması ve Lisanslı Depoculuk. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

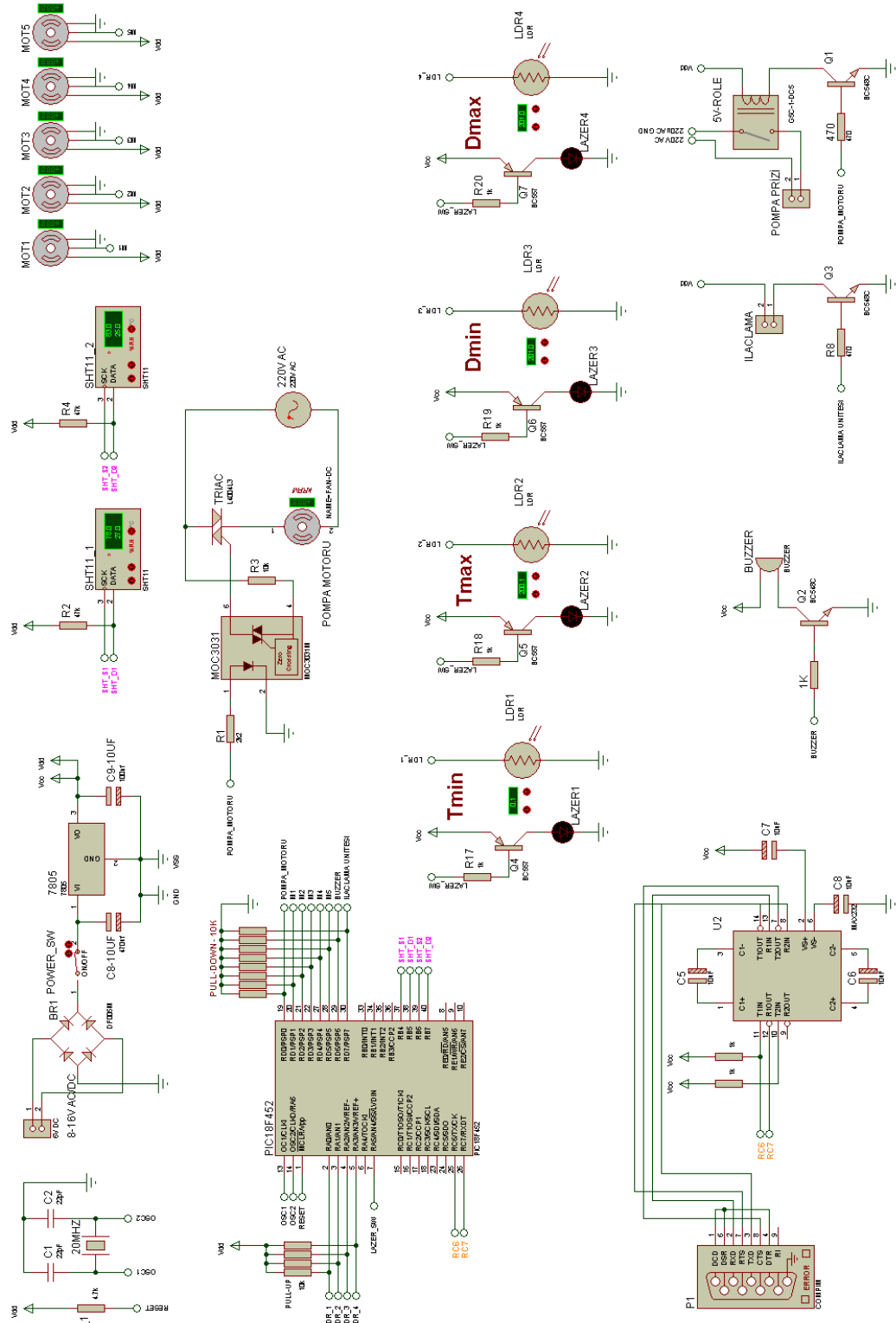
Uğur, A. & Kınacı, C., 2005. Yapay Zeka Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Web Sayfalarının Sınıflandırılması.

7.1 İnternet Kaynakları

1. <http://www.tarimvehayvancilik.net>, 25.05.2011
2. <http://www.erkayagida.com.tr/urundetay.aspx?fid=102>, 25.05.2011
3. <http://www.polimak.com>, 31.05.2011

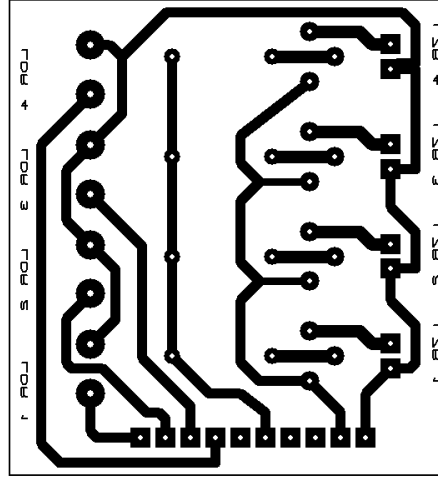
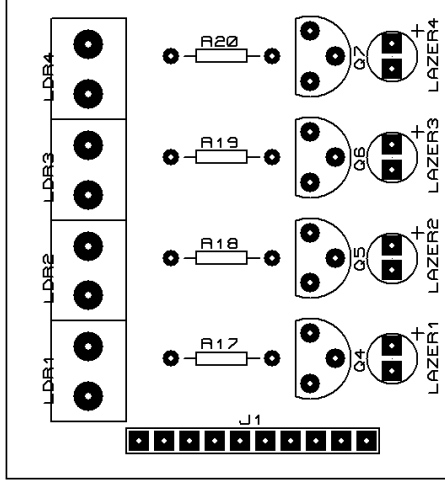
EKLER

EK-1 Devre Şeması

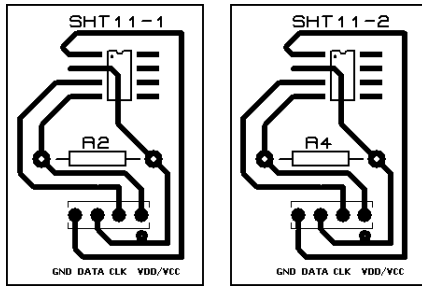


EK-2 Baskı Devreler

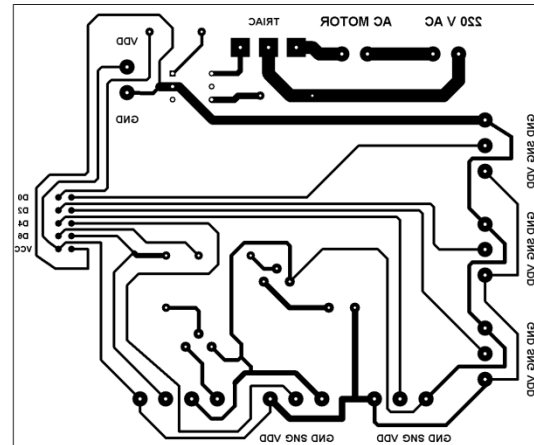
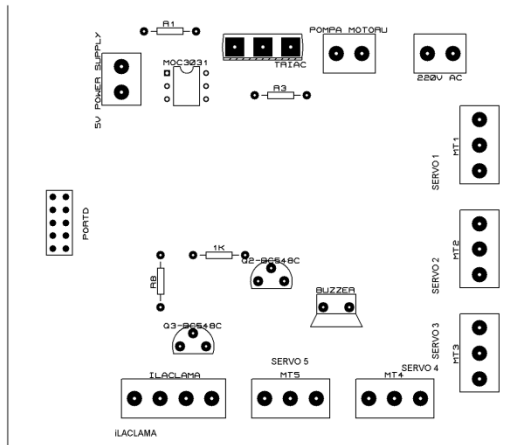
LDR ve Lazer Diyot Baskı Devresi



SHT11 Baskı Devreleri



Servo Motor ve Hava Kompresörü Baskı Devreleri



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Serkan SATUK
Doğum Yeri ve Tarihi : Şişli – 30.11.1982
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0505 9036234 / serkansatuk@hotmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Karabük Anadolu Meslek Lisesi – Elektrik (2001)
Lisans : Gazi Üniversitesi – Elektrik Öğretmenliği (2007)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

Toprak Mahsulleri Ofisi Aksaray Şube Müdürlüğü – Teknisyen (2006-2008)

Toprak Mahsulleri Ofisi Afyonkarahisar Şube Müdürlüğü – Programcı (2008...)