T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİJİTAL GÖRÜNTÜ ANALİZ YÖNTEMİ İLE SİYAH ALACA İNEKLERDE VÜCUT ÖLÇÜLERİNİN BELİRLENMESİ VE CANLI AĞIRLIĞININ TAHMİN EDİLMESİ

Şakir TAŞDEMİR

DOKTORA TEZİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Konya, 2010

ÖZET

Doktora Tezi

DİJİTAL GÖRÜNTÜ ANALİZ YÖNTEMİ İLE SİYAH ALACA İNEKLERDE VÜCUT ÖLÇÜLERİNİN BELİRLENMESİ VE CANLI AĞIRLIĞININ TAHMİN EDİLMESİ

Şakir TAŞDEMİR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

1.Danışman: Doç. Dr. Abdullah ÜRKMEZ
2. Danışman: Prof. Dr. Şeref İNAL

2010, 149 Sayfa

Jüri : Prof. Dr. Şeref İNAL
Prof. Dr. Bekir KARLIK
Doç. Dr. Yüksel ÖZBAY
Doç. Dr. Salih GÜNEŞ
Doç. Dr. Abdullah ÜRKMEZ

Bu çalışmada dijital görüntü analiz yöntemi ile Siyah Alaca ineklerde vücut ölçüleri belirlenmiş ve bu ölçülerden yola çıkılarak regresyon denklemeleri ve bulanık kural tabanlı yaklaşımla canlı ağırlıklar tahmin edilmiştir. Bu amaçla 220 Siyah Alaca ineğin bulunduğu Çumra İlçesindeki ÇUMPAŞ A.Ş. Süt İnekçiliği Kreşinde bir fotoğraf çekim stüdyo ortamı oluşturulmuştur. Çekim öncesi Sütçü ineklerin cidago yüksekliği (CY), sağrı yüksekliği (SY), beden uzunluğu (BU) ve sağrı genişliği (SG) gibi vücut ölçüleri (VÖ) lazer metre, şerit metre, mezura ve ölçü bastonu yardımıyla ölçülmüştür. Aynı zamanda dijital kantar (DK) yardımıyla canlı ağırlıklar tartılarak bilgisayara kaydedilmiştir. Sağımhane çıkışına kurulan düzenek yardımıyla her hayvan için yandan iki ve üstten iki farklı açıdan *Canon* EOS 400D fotoğraf makineleri ile eş zamanlı olarak dijital fotoğrafları çekilmiştir. Ayrıca hayvanın geçişini otomatik algılayan cisimden yansımalı bir sensor ve PIC16F877 ile

bir elektronik devre tasarlanmıştır. Mikrodenetleyici için yazılan program ve elektronik devre, fotoğraf çekim işlemini eş zamanlı yapabilen, Canon marka kameraları destekleyen *DSLR Remote Pro Multi-Camera v.1.2.1* yazılımının çalıştırılmasını sağlamaktadır. *Delphi* Programlama dilinde geliştirilen Görüntü Analiz (GA) yazılımına entegre edilen bu yazılım aracılığıyla, otomatik olarak çekilen fotoğraflar bilgisayara kaydedilmiştir. Görsel GA yazılımı aracılığıyla resimler analiz edilerek CY, SY, BU ve SG hesaplanmıştır. GA sonucu elde edilen vücut ölçüleri ile elle alınan ölçümler karşılaştırılarak, hata oranları ve korelasyonlar hesaplanmıştır.

Vücut ölçüleri kullanarak canlı ağırlık (CA) tahmini yapabilmek için iki ayrı model geliştirilmiştir. Birinci yaklaşım istatistiksel regresyon modeli (İRM), diğeri bulanık kural tabanlı (BKT) sistemdir. İRM'de kullanılan regresyon denklemleri *SPSS* programında oluşturulup değerlendirilmiş ve canlı ağırlığın tahmin edilmesi için GA yazılımına entegre edilmiştir. İRM kullanılarak tahmin edilen CA'lar ile dijital kantar sonuçları arasındaki korelasyon katsayısı 0.98 olarak hesaplanmıştır. BKT yaklaşım *Matlab* programı ile tasarlanmıştır. BKT sistemle tahmin edilen CA'lar ile dijital kantar sonuçları arasındaki korelasyon katsayısı ise 0.99 olarak hesaplanmıştır. Bu iki ayrı model karşılaştırılarak dijital kantar ölçümlerine en yakın sonucu veren model bulunmuştur. Yapılan değerlendirmeler ile gerçekleştirilen sisteminin doğru, güvenilir ve kararlı bir şekilde çalıştığı görülmüş, uygulanan yöntemlerin hayvanlarda vücut ölçülerini belirlemede ve canlı ağırlık tahmininde güvenle kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dijital Görüntü Analiz, Bulanık Kural Tabanı, Regresyon Analizi, Direkt Lineer Dönüşüm, Fotogrametri, Vücut Ölçüleri, Canlı Ağırlık.

ABSTRACT

PhD. Thesis

DETERMINATION OF BODY MEASUREMENTS ON THE HOLSTEIN COWS BY DIGITAL IMAGE ANALYSIS METHOD AND ESTIMATION OF THEIR LIVE WEIGHT

Şakir TAŞDEMİR

Selçuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical-Electronics Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Abdullah ÜRKMEZ
Co-Supervisor : Prof. Dr. Şeref İNAL
2010, 149 Page

Jury : Prof. Dr. Şeref İNAL
Prof. Dr. Bekir KARLIK
Assoc. Prof. Dr. Yüksel ÖZBAY
Assoc. Prof. Dr. Salih GÜNEŞ
Assoc. Prof. Dr. Abdullah ÜRKMEZ

In the present study, body measurements of Holstein cows were determined through digital image analysis and live weights were estimated based on these body measurements through regression equations and a fuzzy rule-based approach. For this purpose, a camera shooting environment was formed in ÇUMPAŞ INC. Dairy Cow Breeding Farm, where 220 Holstein cows were kept. Body measurements of dairy cows, i.e. wither height (WH), hip height (HH), body length (BL), hip width (HW), were manually measured using laser meter, meter tape, tape measure and measuring stick before the shootings. At the same time, live weights of cows were weighed by using a digital scale (DS) and stored on a computer. Digital photos of each animal were synchronously taken from two different sidelong perspectives and from two different top perspectives using Canon EOS 400D photo taking units via the mechanism set up at the exit of milking shed. Furthermore, an electronic circuit

was designed with a sensor reflecting from matter which automatically detected the passing of animals and PIC16F877. The program written for the microcontroller and the electronic circuit enabled the operation of the *DSLR Remote Pro Multi-Camera v.1.2.1* software, which supported the Canon cameras that could synchronously perform the shooting process. The images were automatically taken using photo taking units and saved on the computer by means of this software integrated into the Image Analysis (IA) software developed by using *Delphi* programming language. The images were analyzed through the visual IA software and WH, HH, BL and HW were calculated. Error rates and correlations were calculated through comparing the body measurements obtained through IA and those measured manually.

Two different models were developed for estimating live weight (LW) by using body measurements. The first approach is the statistical regression model (SRM) and the second is the fuzzy rule-based (FRB) system. The regression equations used in SRM were created and evaluated using *SPSS* software and integrated into the IA software for estimating live weights. The correlation coefficient between the LW estimated by using the SRM and the results obtained through the digital scale was calculated as 0.98. The FRB system was designed by using *MATLAB* program. The correlation coefficient between the LW estimated by using the FRB system and the results obtained through the digital scale was calculated as 0.99. The model providing the closest result to the digital scale measurements was found by comparing these two different models. It was observed through the evaluations that the implemented system operated correctly, reliably and in a stable manner and it was concluded that the methods implemented in the study could confidently be used in determining the body measurements and estimating the live weight of animals.

Keywords: Digital Image Analysis, Fuzzy Rule Base, Regression Analysis, Direct Linear Transformation, Photogrammetry, Body Measurements, Live weight.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının gerçekleşmesinde kıymetli zamanını ayırarak yardım ve desteğini esirgemeyen ve uyarıları ile yol gösteren saygıdeğer tez danışmanım Doç. Dr. Abdullah ÜRKMEZ'e, ikinci Danışmanım Prof. Dr. Şeref İNAL'a tez izleme komitesi üyesi Doç. Dr. Yüksel ÖZBAY'a,

Bana doktora düzeyinde öğrenim ve bilimsel çalışma yapma imkanı tanıyan ve yetişmemde emeği geçen Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nün değerli yönetici ve öğretim üyelerine,

07101006 nolu Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) ile tez çalışmama katkı sağlayan Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü yetkililerine,

Her zaman yanımda olan ve hiçbir zaman desteğini esirgemeyen, Doç. Dr. Murat YAKAR, Doç. Dr. Hakan KARABÖRK ve Yrd. Doç. Dr Ayhan GÖKTEPE'ye, yapılan deneyler süresince yardımlarını esirgemeyen Veteriner Fakültesi öğrencilerine, CUMPAŞ yetkililerine, Öğr. Gör. Mücahit Kurtuluş ve Okutman Süleyman Sırrı Maraş'a teşekkürlerimi sunar şükranlarımı arz ederim.

Ayrıca tez çalışma süresince stres ve sıkıntılarıma katlanarak büyük bir özveri gösteren değerli aileme de teşekkürlerimi sunarım.

Şakir TAŞDEMİR
Konya, 2010

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT iii
TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER vi
KISALTMALAR xi

1. GİRİŞ 1

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 5

3. BİLGİSAYAR GÖRMESİ 18

3.1 Dijital (Sayısal) Kameralar ve Görüntü Alma Teknolojisi 18
3.2 Sayısal Görüntü Modeli 19
3.3 Görüntü İşlemede Temel Teknikler 22
3.3.1 Resimlerde aritmetik ve mantıksal operatörler 25
3.4 Görüntü Analizinin Tanımı ve Metodolojisi 27
3.5 Pikseller Arası Mesafe Ölçümleri 27

4. FOTOGRAMETRİK TEKNİK 30

4.1 Kontrol Noktalarının İşaretlenmesi 31
4.2 Görüntü Alma İşlemi 31
4.3 Kalibrasyonun Tanımı ve Amacı 31
4.3.1 Radyal distorsiyon torsiyon iki çeşittir. 32
4.3.2 Teğetsel distorsiyon 33
4.4 Resim çekme makinelerinin kalibrasyon yöntemleri 34
4.4.1 *Direct linear transformation* (DLT) yöntemi 34

5. MİKRODENETLEYİCİLER, ÖZELLİKLERİ VE PIC 16F877 42

5.1 PIC16F877'nin Mimari Yapısı 43
5.2 PIC 16F876'nın Fiziksel Yapısı ve Bacak Bağlantıları 44
5.3 Bellek Yapısı 45

6. İSTATİSTİK VE REGRESYON ANALİZLERİ 47

6.1 İstatistiksel Tanımlar 47
6.2 Korelasyon Analizi 49
6.2.1 *Pearson* korelasyon katsayısı 50
6.2.2 *Spearman* korelasyon katsayısı 52
6.3 Regresyon Analizi 52
6.4 İstatistiksel Regresyon Modeli (İRM) 53

6.4.1 Regresyon katsayılarının tahmini ... 55
6.4.2 En küçük kareler yöntemi ... 56
6.4.3 Belirleme katsayısı ... 58

7. YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ VE UYGULAMALARI ... 61

7.1 Bulanık Mantık ... 62

7.1.1 Bulanık küme ... 63
7.1.2 Üyelik fonksiyonu ... 64
7.2 Bulanık Kural Tabanlı (BKT) Sistemler ... 65

7.2.1 Bulanıklaştırıcı ... 66
7.2.2 Bulanık kurallar tabanı ... 67
7.2.3 Bulanık çıkarım mekanizması ... 68
7.2.4 Durulaştırıcı ... 71
7.2.4.1 Ağırlık merkezci durulaştırıcı (*Centroid*) ... 71

8. SIĞIRLARDA CANLI AĞIRLIK TAKİBİNİN ÖNEMİ VE VÜCUT ÖLÇÜLERİ İLE TAHMİN EDİLMESİ ... 73

8.1 Ön Deneme Çalışması ... 76

8.2 Materyal ve Metot ... 79

8.3 Vücut Ölçülerinin Elle Alınması ... 80

8.4 Canlı Ağırlıkların Dijital Kantar ile Tartılması ... 82

8.5 Kalibrasyon Test Alanı ve Kullanılması ... 82

8.6 Mikrodenetleyici Destekli Otomatik Fotoğraf Çekim Ünitesi Tasarımı ... 84

8.6.1 Otomatik fotoğraf çekim birimi blok diyagramı ... 85
8.6.2 Elektronik kontrol kartın tasarımı ve PIC programlama ... 86
8.6.3 Kontrol biriminin çalışma prensibi ve uygulanması ... 88
8.6.4 PIC programın akış diyagramı ... 89
8.7 Görüntü Alma İşleminde Kullanılan Kamera ... 91

8.8 Çekim Ortamında Referans Noktalarının İşaretlenmesi ve 3B koordinatlarının Verilmesi ... 92

8.9 Çiftlik Alanında Deneysel Çalışma ... 93

8.9.1 Görüntü alma işlemi, yapılan çalışmanın blok diyagramı ve algoritması ... 93
8.9.2 Üstten ve yandan görüntü çekimleri ve GA yazılımı ile analiz edilmesi ... 98
8.9.3 Görüntü üzerinde piksel 2B'den 3B XYZ koordinatların bulunması ... 107
8.10 GA ve elle alınan VÖ karşılaştırmalı sonuçları ... 109

8.11 Canlı Ağırlık Tahmini için Geliştirilen Modeller ... 113

8.11.1 İstatistiksel regresyon denklemler ile canlı ağırlık tahmini ... 113
8.11.1.1 Elle alınan vücut ölçüleri ile oluşturulan tekli-çoklu doğrusal regresyon denklemleri ... 114
8.11.1.2 GA sonuçları ile oluşturulan tekli ve çoklu doğrusal regresyon denklemleri ... 115
8.11.1.3 *Polinom* (kuadratik, kübik ve dördüncü derece) regresyon denklemleri ... 120
8.11.2 Bulanık kural tabanlı yaklaşım ile canlı ağırlık tahmini ... 124
8.11.2.1 Sistemin bulanıklaştırma işlemi ... 125
8.11.2.2 Dilsel ifadeler ve üyelik fonksiyonlarının oluşturulması ... 126
8.11.2.3 Bulanık kuralların oluşturulması ... 128
8.11.2.4 Çıkarım mekanizması ve durulaştırma işlemi ile alınan sonuçlar ... 131

9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER ... 134

9.1 Sonuçlar ... 134

9.2 Öneriler ... 139

10. KAYNAKLAR ... 141

ŞEKİLLER

Şekil 3.1 Sayısal fotoğraf makinesi görüntü alma aşamaları 19
Şekil 3.2 Görüntünün sayısal gösterim modeli 20
Şekil 3.3 Görüntü koordinat sistemi 21
Şekil 3.4 Sayısal görüntü modeli (fonksiyon ve koordinat değerleri) 22
Şekil 3.5 Dijital renkli bir resim ve histogram değerlerinin grafiksel görünümü 24
Şekil 3.6 Kenar çıkarma işlemi 25
Şekil 3.7 İkili görüntüde mantıksal operatörler 26
Şekil 3.8 Öklid bağıntısı ve matematiksel ifadesi 28
Şekil 3.9 Örnek mesafe hesabı 28
Şekil 4.1 Yastık ve fıçı biçimli distorsiyonlar 32
Şekil 4.2 Düz Çizgi (a) ve düz çizgilerin distorsiyon etkisiyle aldıkları durum (b) .. 33
Şekil 4.3 Mercek elemanlarının aynı doğrultuda olmaması (teğetsel distorsiyon) 33
Şekil 4.4 Distorsiyonlu resim geometrisi 36
Şekil 5.1 Program bellek haritası 46
Şekil 6.1 Korelasyon serpme diyagram örnekleri 51
Şekil 6.2 Regresyon katsayıları gösterimi 54
Şekil 6.3 Doğrusal serpme grafiği 58
Şekil 7.1 Sıcak, normal ve soğuk dilsel ifadelerinin üyelik fonksiyonu 64
Şekil 7.2 Aralık değerli üyelik fonksiyonu 65
Şekil 7.3 Bulanık uzman sistem (BUS) yapısı 66
Şekil 7.4 Üyelik fonksiyon biçimleri 67
Şekil 7.5 *Mamdani* bulanık çıkarım yöntemi 69
Şekil 7.6 *Sugeno* bulanık çıkarım yöntemi 70
Şekil 7.7 Ağırlık merkezli durulaştırıcının bir grafiksel sunumu 72
Şekil 8.1 Siyah alaca ineklerde iki buzağılama dönemi arasındaki süt verimi, yem tüketimi ve canlı ağırlık değişimleri 74
Şekil 8.2 PhotoModeler 5 programı ile yapılan analiz işlemi 77
Şekil 8.3 *Image Processing Toolbox* ile analiz 78
Şekil 8.4 Sütçü ineklerin vücut ölçüleri 80
Şekil 8.5 Sİ'in elle VÖ'nin alınması işlemi 81
Şekil 8.6 Elle ölçüm aletleri 81
Şekil 8.7 Taralsa dijital kantar ve canlı ağırlık tartım platformu 82
Şekil 8.8 60X60 cm ebatlarında portatif kalibrasyon test alanı 83
Şekil 8.9 Kalibrasyon test düzeneği ile senkronize yapılan deneme çekimi 84
Şekil 8.10 Kablosuz otomatik fotoğraf çekim elektronik kontrol birimi blok diyagramı 86
Şekil 8.11 PIC 16F87 destekli otomatik fotoğraf çekim ünitesi elektronik devresi .. 87
Şekil 8.12 *Telemecanique Osiris XUK5APANL2 Photoelectric* sensör 88
Şekil 8.13 Otomatik fotoğraf çekim birimi, çalışma düzeneği ve kalibrasyon test alanının kullanılması, ... 89
Şekil 8.14 Otomatik fotoğraf çekim ünitesi için geliştirilen PIC programı akış diyagramı 90
Şekil 8.15 *Total Station* 92

Şekil 8.16 Çekim ortamı AutoCad katı modellemesi..... 93
Şekil 8.17 Görüntü alma birimi blok diyagramı 94
Şekil 8.18 Blok Diyagrama ait yapılan tüm çalışmanın akış diyagramı 97
Şekil 8.19 Sİ'in üstten çekim ortamı, kameralar, dijital kantar ve bilgisayar bağlantısı 98
Şekil 8.20 Sİ'in Yandan Çekim Ortamı, Kameralar ve Bilgisayar Bağlantıları 99
Şekil 8.21 Yandan fotoğraf çekim işlemi için oluşturulan alan ve sabitlenmiş 3B koordinatlara sahip referans noktalar 100
Şekil 8.22 DLT ile kamera kalibrasyon ve GA işlemi akış diyagramı 102
Şekil 8.23 Yandan çekilen fotoğrafların GA yazılımı ile değerlendirilmesinde kullanılan 3B referans noktaları 103
Şekil 8.24 Üstten çekilen fotoğrafların GA yazılımı ile değerlendirilmesinde kullanılan 3B referans noktaları 104
Şekil 8.25 *Delphi* programlama dilinde geliştirilen GA yazılımı arayüzü..... 105
Şekil 8.26 Sİ'in sağdan ve soldan senkronize çekilen fotoğraflarının otomatik GA yazılımına aktarılması 105
Şekil 8.27 DLT ile hesaplanan parametrelerin GA yazılımı arayüzü 106
Şekil 8.28 Sİ'in senkronize (üstten) çekilen fotoğraflarının analiz edilerek VÖ bulunması işlemi 108
Şekil 8.29 Sİ'in senkronize çekilen fotoğraflarının GA yazılımı ile değerlendirilmesi ve İRM ile canlı ağırlık tahmini 109
Şekil 8.30 EA ve GA ile bulunan VÖ arasındaki ilişki CY (a), SY (b), BU (c) SG (d) 113
Şekil 8.31 Dijital kantar ve regresyon denklemleri ile tahmin edilen CA ilişkisi.... 118
Şekil 8.32 Vücut ölçüleri ile canlı ağırlık ilişkisi (polinom denklemler için)..... 123
Şekil 8.33 Canlı ağırlık tahmini için geliştirilen BUS genel yapısı 125
Şekil 8.34 Bulanık üyelik fonksiyonları ve kümeler grafiği 129
Şekil 8.35 *Centroid* durulaştırıcılı yazılımla CA tahmini için bir örnek arayüz çıktısı 132
Şekil 9.1 Dijital kantar ve İRM (CY-SY-BU-SG kullanılarak oluşturulan çoklu doğrusal denklem) ile tahmin edilen CA İlişkisi 135
Şekil 9.2 Dijital kantar ve İRM canlı ağırlık sonuçları karşılaştırmalı grafiği..... 135
Şekil 9.3 Dijital kantar ve BUS ile tahmin edilen CA ilişkisi..... 136
Şekil 9.4 Dijital kantar ve BUS canlı ağırlık sonuçları karşılaştırmalı grafiği 136

ÇİZELGELER

Çizelge 5.1. PIC 16F877'nin özellikleri 43
Çizelge 5.2. Osilatör çeşitleri 45
Çizelge 7.1. Bulanıklaştırıcılı ve durulaştırıcılı bulanık sistem tablosu..... 66
Çizelge 8.1. Tez çalışmasında kullanılan donanım ve yazılım birimleri 79
Çizelge 8.2. Kalibrasyon deney test alanı 3B uzay koordinatları 84
Çizelge 8.3. Yandan çekim alanı 3B koordinatları 101
Çizelge 8.4. Üstten çekim alanı 3B koordinatları 103
Çizelge 8.5. Elle alınan VÖ, GA ile bulunan sonuçlar ve dijital kantar ile tartılan CA 110
Çizelge 8.6. Elle alınan VÖ ile GA sonuçlarının karşılaştırılması 112
Çizelge 8.7. Elle alınan VÖ'nin lineer etkileri ve CA tahmin regresyon denklemleri 115
Çizelge 8.8. GA ile bulunan VÖ'nin lineer etkileri ve CA tahminleri için oluşturulan karşılaştırmalı tekli-çoklu regresyon denklemleri..... 116
Çizelge 8.9. Çoklu (CY, SY, BU, SG) regresyon denklemi katsayıları(*) ve anlamlılık düzeyleri..... 119
Çizelge 8.10. GA ile bulunan VÖ'nin lineer, kuadratik, kübik ve 4. derece etkileri ve karşılaştırmalı CA tahminleri..... 121
Çizelge 8.11. BKT sistemde giriş ve çıkış parametreleri için oluşturulan dilsel ifadeler 127
Çizelge 8.12. Geliştirilen BUS için oluşturulan bulanık kurallar 130
Çizelge 8.13. DK ile tartılan, BUS ve İRM'den tahmin edilen karşılaştırmalı CA. 133
Çizelge 9.1. GA ile bulunan VÖ kullanılarak oluşturulan modellerden tahmin edilen CA sonuçların dijital kantar ölçüleri ile karşılaştırılması ve ilişkisi 138

KISALTMALAR

YZ : Yapay Zeka
BK : Bulanık Küme
BKT : Bulanık Kural Tabanı
BM : Bulanık Mantık
BUS : Bulanık Uzman Sistem
DK : Dijital Kantar
GA : Görüntü Analiz
İRM : İstatistiksel Regresyon Modeli
TKT : Toplam Kareler Toplamı
HKT : Hata Kareler Toplamı
ACKT : Açıklanan Kareler Toplamı
EKK : En Küçük Kareler
2B : İki Boyut
3B : Üç Boyut
Sİ : Sütçü İnekler
VÖ : Vücut Ölçüleri
EA : Elle Alınan
CA : Canlı Ağırlık
CY : Cidago Yüksekliği
SY : Sağrı Yüksekliği
BU : Beden Uzunluğu
SG : Sağrı Genişliği
SSE : *Sum Squared Error* (Hata Kareler Toplamı)
MSE : *Mean Squared Error* (Hata Kareler Ortalaması)
RMSE : *Root Mean Squared Error* (Hata Kareler Ortalamasının Karekökü)
MRE : *Mean Relative Error* (Ortalama Nispi Yüzde Hata)
MRA : *Mean Relative Accuracy* (Ortalama Nispi Doğruluk)
R^2 : *Determination Coefficient* (Determinasyon-Belirleme Katsayısı)

r	: *Correlation Coefficient* (Korelasyon-İlişki Katsayısı)
DLT	: *Direct Linear Transformation* (Direkt Lineer Dönüşüm)
PIC	: *Peripheral Interface Controller* (Çevresel Üniteleri Denetleyici Arabirimi)

1. GİRİŞ

Son yıllarda görüntü işleme sistemleri, teknikleri ve uygulamalarında yeni açılımlar ve gelişmeler olmaktadır. Bu görsel uygulamalardaki olanaklardan biri de alınan resimlerden ölçümler yapılabilmesidir. Elektronik sistemlerle yapılan makine görmesi (*machine vision*) uygulamaları endüstriyel alanda günden güne artarak kullanılmaktadır. Cisimlerin temassız analizleri diğer yöntemlere göre daha çok tercih edilmektedir. Çünkü temas halinde ölçülecek cisim üzerinde tahribat veya değişiklik meydana gelebilmektedir.

Bilgisayarla görme (*computer vision*), görüntülerden veya resim üzerindeki nesnelerden konumları, boyutları veya değişik özelliklerinin bir algoritmik program aracılığıyla ortaya çıkarılması ve değerlendirilmesi işlemi olarak ifade edilebilir. Sayısal görüntü analizi ile görüntü işlemenin uygulamada bazı farklılıkları vardır. Analiz işleminin temel farkı yapılan işlemler sonucunda yeni bir görüntü elde edilmeden, görüntüye ait sınıflandırmalar veya ölçümler yapılıyor olması ve görüntüyle ilgili istatistikler üretilmesidir. Görüntü analizinde nesnelere ait parametrelerin (şekil, uzunluk, alan, açı, gri-ton ve renk değerleri vb.) ölçülmesi söz konusudur.

Resimlerin bilgisayarlarla sayısal görüntü işleme ve analiz teknikleri kullanılarak değerlendirilmesi, ölçümler yapılması, sayısal haritalarının çıkarılması mümkündür. Dijital kameralar bilgisayarla görüntü işleme uygulamalarında yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Bilgisayar destekli sayısal görüntü işleme ve analiz yöntemlerinin zamandan tasarruf, doğruluk, ekonomiklik gibi çeşitli avantajlarının yanında çok sayıda uygulama alanı vardır.

Görüntünün bilgisayar ortamında yazılımlar aracılığıyla değerlendirip istenilen bilgilerin elde edilebilmesi için bazı önemli işlemlerden geçirilmesi gerekir. İlk işlem resimlerin sayısallaştırılarak bir görüntü yakalama birimi ile bilgisayara aktarılması veya alınması işlemidir. Ön işleme aşaması ile görüntünün hatasız ve kolay

işlenebilmesi sağlanır. Daha sonra görüntüler işlenir ve analiz edilerek sonuçlara ulaşılır.

Sayısal görüntülerde analiz işlemleri mesela alan hesaplama veya resim üzerinden uzunluk gibi ölçümler piksel cinsinden bulunabilir. Bu hesaplamalar metrik sisteme göre son derece doğru ve net bir şekilde de yapılabilmektedir. Metrik sisteme göre bu analizlerin yapılabilmesi için bir takım ön işlemler yapmak gerekmektedir. Bu ön işlemlerin ilki kamera sistemini en iyi bir şekilde ifade eden kalibrasyon parametrelerinin (odak uzaklığı, resim koordinat sistemi eksenlerinin yönleri ve dönüklükleri ile distorsiyon v.b.) bulunmasıdır. Bu işlem ile özellikle geometrik bozulmalar düzeltilebilmektedir. Bu işlem için öncelikle kamera sistemli bir laboratuar ortamı tesis edilerek, test alanına belirli sayıda kontrol noktası oluşturulmalı ve fotoğrafları çekilmelidir. Görüntü üzerinde yer alan ve metrik sistem karşılıkları bilinen bu referans noktalarına cisim uzay koordinatları denir ve yazılım aracılığıyla tanımlanmaları gerekir. Bu noktalardan bazıları kullanılarak dönüşüm (*transformasyon*) işlemi gerçekleştirilerek, 2 boyuttan (2B) 3 boyuta (3B) ya da tam tersi olarak 3B'den 2B'ye geçiş işlemi gerçekleştirilebilir. Resimler yazılım ile analiz edilerek uzunluk ölçümleri ve geometrik performansları bu şekilde belirlenir.

Bilgisayarla görüntü alma ve işleme teknikleri son derece hızlı bir şekilde değişik meslek dallarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunlardan biri de hayvancılık alanıdır. Sütçü sığır işletmelerinin sayısının ve kapasitesinin arttığı günümüzde, işletmelerin idare edilmesinde bilgisayar destekli çalışmaların önemi gittikçe artmakta ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Sütçü sığır yetiştiriciliğinde canlı ağırlık (CA), süt verimi ve yem tüketimi arasındaki ilişkiler, işletmede uygulanmakta olan bakım ve besleme düzeyi ile hayvanın mevcut durumunun göstergeleri olarak kabul edilmektedir. Bu dönemlerin izlenmesi önemli ve gereklidir. Bu sınırların dışına çıkılması ineğin hastalıklara olan direncini ve ekonomik verimlerini önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle canlı ağırlıkta oluşabilecek olumsuz değişiklikler sağlık problemlerine, uygun olmayan çevre şartlarına veya beslenme hatalarına işaret edebilmektedir. Bu nedenle, sütçü inekler (Sİ) için canlı ağırlık takibi önemli olmaktadır.

Regresyon analizi bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında ilişkiyi incelemek ve o konuyla ilgili tahmin yapabilmek amacıyla oluşturulan, sebep sonuç ilişkisini

matematiksel bir denklem olarak modelleyen bir yaklaşımdır. Basit doğrusal regresyonda analizinde bir olayı etkileyen sadece bir bağımlı ve bir bağımsız faktöre yer verilir. Bir olayı etkileyen birden fazla faktör olması durumunda sebep-sonuç ilişkisinin araştırılması çoklu regresyon analiziyle mümkün olacaktır. Bu yöntem kullanılarak oluşturulan çoklu ve tekli regresyon denklemleri ile tahminsel işlemler çok değişik disiplinlerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bulanık mantık (BM), her gün kullandığımız ve davranışlarımızı yorumladığımız yapıya ulaşmamızı sağlayan matematiksel bir disiplindir. Bulanık sistemler (BS) bilgi ve tecrübeye dayalıdır ve temelini "Eğer O halde" kuralları oluşturmaktadır. Bu şekilde, kontrol edilen sistemden gelen etkilere ve bulanık kurallara göre karar verip, gerekli kontrol büyüklüğünü oluşturan bir uzman sistemdir. Bulanık sistemler, bulanıklaştırma, kural tabanı, çıkarım mekanizması ve durulaştırma kısımlarından oluşur. BM, dilsel terimler olarak ifade edilen girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi kullanarak matematiksel denklemi bilinmeyen herhangi bir fonksiyonun özelliklerine yakın özellikler gösteren bir model oluşturulmasına imkan vermektedir.

Bu çalışmanın amacı; dijital resim analiz yöntemi ile Holstein Siyah Alaca ineklerde vücut ölçülerini belirlemek ve bu ölçüler kullanılarak istatistiksel regresyon modeli (İRM) ve bulanık kural tabanlı (BKT) model yardımıyla hayvanların CA'larını tahmin etmektir. Bu amaçla Çumra İlçesindeki ÇUMPAŞ A.Ş. Süt İnekçiliği Kreşinde bir stüdyo ortamı oluşturulmuştur. Çekim işleminden önce, oluşturulan sistemin doğruluğunu test edebilmek için belirlenen Sİ'in cidago yüksekliği (CY), sağrı yüksekliği (SY), beden uzunluğu (BU) ve sağrı genişliği (SG), *Bosch DLE 150 Connect Professional* marka *bluetooth* özellikli lazer metre, şerit metre, mezura ve ölçü bastonu yardımıyla ayrı ayrı ölçülmüştür. Ölçüleri alınan hayvanların ayrıca bir dijital kantar (DK) yardımıyla CA'lar da tartılmış ve bilgisayara kaydedilmiştir. Görüntü Analiz (GA) işleminin metrik sisteme göre yapılması amaçlandığı için hayvanların geçecekleri ve tartımlarının yapıldığı yerlere 3 boyutlu (3B) koordinatları bilinen referans noktalar (*spatial coordinate*) işaretlenmiştir. GA işlemi için fotogrametrik teknik kullanılmıştır. Sayısal görüntülerin analiz işleminde uygun noktalara yerleştirilen kameraların kalibrasyon işlemleri yapılmıştır. Bu uygulamada 2B resim düzlemi ile 3B cisim uzay koordinat

sistemi arasındaki ilişki modellenerek kameralara ait parametreler hesaplanmıştır. Bu amaçla sağımhane çıkışına kurulan düzenek yardımıyla her hayvan için yandan ve üstten iki farklı açıdan stereo *Canon* EOS 400D fotoğraf makineleri ile eş zamanlı fotoğrafları çekilmiştir. Kameraların fotoğraf çekimini eş zamanlı yapabilmeleri için *DSLR Remote Pro Multi-Camera v.1.2.1* programı kullanılmıştır. Ayrıca hayvanın geçişini algılayan cisimden yansımalı T*elemecanique Osiris XUK5APANL2* fotoelektrik sensör kullanılarak, otomatik fotoğraf çekim işlemini gerçekleştiren bir elektronik devre tasarlanıp devredeki PIC16F877 için bir program yazılmıştır. Elektronik devre ve bu yazılımdan oluşan Otomatik Fotoğraf Çekim Birimi, GA programına entegre edilerek, görüntülerin analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra verilere ulaşmak ve kullanılmak üzere analiz sonuçları bilgisayara kaydedilmiştir. GA sonuçları ile elle ölçüm değerleri karşılaştırılarak, hata oranları ve korelasyonlar hesaplanmıştır.

Vücut ölçüleri (VÖ) kullanılarak, canlı ağırlık (CA) tahmini yapabilmek için istatistiksel regresyon modeli (İRM) ve bulanık kural tabanlı (BKT) yaklaşım yani bulanık uzman sistem (BUS) olarak iki ayrı model geliştirilmiştir. İRM için *SPSS*, BUS için *Matlab* yazılımı kullanılmıştır. Bu iki ayrı model kullanarak CA tahmin edilmiştir. Tahmin edilen CA'lar ile dijital kantarla tartım sonuçları ayrıca karşılaştırılmış, yüzde doğruluk oranları hesaplanmış, DK ölçümlerine en yakın sonuçları veren model bulunmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatür taramasında, hayvancılıkta özellikle sütçü sığırlarda gerek elle ölçüm gerekse dijital görüntü işleme ile elde edilen vücut ölçülerinin bulunması ve bu ölçüler kullanılarak oluşturulan modeller (istatistiksel, yapay zeka v.b. yaklaşım) ile canlı ağırlığın tahmini, sağlık durumları ve gelişimlerinin takip edilmesi gibi özelliklerinin belirlenerek hayvanlara etkilerinin gözlenebildiği kaynaklar araştırılmıştır. Tez proje çalışmasında kullanılan kamera kalibrasyonu, mikrodenetleyici, çoklu regresyon analizi ve yapay zeka teknikleri, bulanık sistem ile ilgili incelemeler de yapılarak çalışmalara ışık tutması açısından değerlendirilip incelenmiştir. Bu incelemeler sonucunda hayvancılıkta kullanımları ile ilgili literatürler aşağıda özetlenmiştir.

Mollah ve ark. (2010), etlik piliçlerin canlı ağırlıklarını dijital resim analiz yöntemi ile tahmin etmişlerdir. Bu amaçla 100 etlik tavukların arkasından 1200 resim aldıklarını ve 20 rastgele tavuk seçilerek 7-42 gün arasında büyüme takibi yapıldığını bildirmektedirler. Bu resimleri *IDRISI* 32 isimli yazılımla değerlendirdiklerini, vücut alanlarını hesapladıklarını ve bu piksel alanla lineer denklemler oluşturarak ağırlıklarını tahmin ettiklerini rapor etmişlerdir. Sonuç olarak mükemmel bir uyum olduğunu, 0.99 bir korelasyon hesapladıklarını, yüzde 0.04 lük bir hata olduğunu ifade etmişlerdir. Elle ölçülen ağırlıkları ile resim analizden elde edilen alanlar kullanılarak oluşturulan denklemlerden elde edilen ağırlıklar arasında fark olamadığını ve geliştirilen sistemin uygun bir yaklaşım olduğunu bildirmektedirler.

Cveticanin ve ark (2009), araştırmalarında, mandıra ineklerinin dinamik tartımı konusu üzerinde çalışmışlar, ineklerin yürüyüşünü simule eden bir basit fiziksel-matematiksel model tanımlamışlardır. İneğin hareketini yani dört-bacaklı sistemi, iki bacaklı bir sistem halinde basitleştirmişlerdir. Geliştirilen model, ineklerin yürüyerek üzerinden geçtikleri bir tartıda vücut ağırlığının belirlenmesinde

kullanılabileceğini, hayvanların platformdan kalabalık ve toplu halde geçmemeleri durumunda, statik olarak ölçülen vücut ağırlığıyla karşılaştırıldığında %2 oranında bir hata elde edilebilmekte olduğunu rapor etmektedirler.

Kramer ve ark. (2009), çalışmalarında, ineklerde topallık ve mastitis (meme iltihabı) durumlarının sınıflandırılması ve kontrolüne yönelik bir bulanık mantık modeli geliştirmişler, toplam 125 inekten yaklaşık olarak 13.500 kayıt içeren bir veri kümesi kullanmışlardır. Bulanık mantık modelinin hastalık uyarılarının üretiminde süt verimi, kuru madde alımı, kuru madde alım davranışı (beslenme teknesini ziyaret sayısı, beslenme teknelerinde geçirilen zaman), su alımı, faaliyet ve önceki hastalıklara dair bilgiler gibi değişkenler giriş verileri olarak kullanılmıştır. Modeli geliştirmek ve doğrulamak için veri kümesi, eğitim verileri (9074 kayıt) ve test verilerine (4604 kayıt) ayrılmışlardır. Modelin değerlendirmesi, duyarlılık, belirlilik ve hata oranına göre gerçekleştirilmiştir. Blok-duyarlılığı en az %70 olacak biçimde ayarlandığında, topallık tanımına bağlı olarak, topallığın belirlenmesi için belirlilik %75.3 ile 75.9 arasında, ve hata oranı ise %98.9 ile %99.5 arasında değişim gösterdiğini rapor etmektedirler. Mastitis algılama modelleriyle, belirlilikler %84.1 ile %92.1 arasında değişim gösterirken, hata oranları %96.2 ile %97.9 arasında elde edilmiştir sonuçlarını bulmuşlardır.

Alizadeh ve ark (2008), günümüzde, sığır ırkını ıslah etmede kullanılan genetik bilimi gibi, bilimin daha pek çok dalı bu endüstride uygulanmakta olduğunu ifade etmişlerdir. Tipi belirlemede bir uzman insan bu değerlendirmeyi deneyim ve becerilerine dayanarak istikrarsız bir biçimde gerçekleştirir. Bu çalışmada, insan uzmanın yerini alabilecek bir uzman sistemin geliştirilme olanağı araştırılmıştır. Bunun için hayvandaki değişik özellikler (boyun uzunluğu, göğüs genişliği, bel açısı, uzunluğu v.b.) girdi olarak alınmış, kurallar tabanında değerlendirilerek bir sınıflandırma çıkış değeri elde etmişler, aynı zamanda, bilgi çıkarım metotları da tanımlamışlardır. Belirsizlik durumunda bulanık mantık kullanılmış, son olarak, bilgi gösterim metotlar ele alınmış ve bu bilginin gösterimi için bulanık kural tabanı önermişlerdir.

Bewley ve ark. (2008), sütçü ineklerinde vücut kondisyon puanlaması, araştırmalarda ve saha değerlendirmelerinde veya çiftliklerde yönetimsel amaçlarla yaygın olarak kullanılmakta olduğunu bildirmektedirler. Dijital görüntülerin vücut

kondisyon puanını belirlemede kullanılabilirliğini incelemişlerdir. İneklerin bir tartım istasyonundan geçişleri esnasında otomatik olarak çekilen görüntüler üzerinde manüel olarak 23 anatomik nokta belirlenmiş ve saptanabilen tüm noktalar ineğin dış hatlarını tanımlayan ölçülerin formüle edilmesinde kullanıldığını bildirmişlerdir. Bu araştırma ile, dijital görüntülerin vücut kondisyon puanının değerlendirmesinde kullanabileceği sonucuna varılmıştır. Çalışma, gelecekte yapılacak çalışmalarda, daha büyük sayılarda hayvanlar kullanılarak vücut kondisyonu tüm düzeylerinde puanları doğru olarak tahmin edebilmek için bu süreci otomatikleştirme yolları araştırılmalıdır şeklinde sonuçlandırılmıştır.

Cavero ve ark. (2008), otomatik süt sağma sistemiyle sağılan ineklerde *mastitisin* erken algılanma ve kontrolünde yapay sinir ağlarının (ANN) kullanışlılığını incelemektir. Çalışmada, 478 ineği kapsayan 403.537 sağımdan oluşan bir veri kümesi kullanılmıştır. *Mastitis* uyarıları, elektriksel iletkenlik, süt üretim oranı ve süt akış hızı ve gün sayısının girdi verileri olarak kullanıldığı bir NN modeli tasarlamışlardır. Modeli geliştirmek ve doğrulamak için, veri kümesi rastgele bir biçimde eğitim ve test verileri altkümelerine ayrılmıştır. Test verilerinin sonuçları eğitim verilerinin sonuçlarını doğruladığı, bu da modelin genellenebileceği, NN'nin performansı tatmin edici bulunduğu ve daha aydınlatıcı parametreler vasıtasıyla, hata oranında bir azalma gerçekleştirilebileceği sonucuna varmışlardır.

Halachmi ve ark. (2008), sığırların vücut şekilleri ve vücut kondisyon skorunun belirlenmesi işlemini otomatize etmeyi amaçlamışlardır. Bu sistemin vücut şekil ölçümleri de dahil olmak üzere otomatik izleme esasına dayandığını ifade etmektedirler. Bu hipotezin vücudu daha şişman ve yağlı olanlar ince olanlardan daha yuvarlak olduğu böylece daha parabolik bir şekle uygun olabileceği şeklinde test etmişler, bunun için bir görüntü işleme modeli tasarlamışlar ve vücut şeklini değerlendiren parametreleri hesaplanmışlardır. Bu modeli uygulamışlar ve sonuçlar ultrasonik ve termal kamera ölçümleri, yağ ve kasın kalınlığı ayrıca elle vücut kondisyon skoru 186 *Holstein-Friesian* sığırlar için ölçülerek karşılaştırmışlardır. Termal kamera, normal kameranın yapamadığı birçok işlemi gerçekleştirebildiklerini ifade etmektedirler. Termal kamera ölçümleri ile kas ve yağ kalınlığı arasında korelasyon 0.47 olarak bulunmuştur. Ortalama vücut kondisyon skoru sırasıyla 2.18,

2.15 ve 2.23 bulunmuş ve uygulanan metotlar arasında önemli bir farkın olmadığını ortaya koymuşlardır.

Negretti ve ark. (2008), akdeniz sütçü sığırların canlı ağırlıklarını ve vücut kondisyon skorunu görüntü analiz yöntemi ile belirlemişler, bu işlem için 100 adet hayvan seçildiğini, hayvanların vücut ölçülerinin hem elle yapıldığını hem de görsel görüntü analiz yöntemi ile gerçekleştirdiklerini ifade etmektedirler. Ayrıca kiloları ölçmüşler ve vücut kondisyon skorunun belirlemişlerdir. Daha sonraki aşamada regresyon analizleri yapılarak tahmin işleminin gerçekleştiğini, determinasyon katsayısının 0.94 ve 0.92 olarak hesaplamışlardır. Çoklu regresyon analizinde bu katsayı 0.96 ya çıkmıştır. Dijital görüntü analizi ile ölçüleri belirlemişler ve kilolar endirekt olarak hesaplanmışlardır. Yağlanma düzeyinin belirlenmesi için de teknolojik bir yenilik getirdiklerini ifade etmişlerdir.

Özkaya ve ark. (2008), kesim öncesi et sığırların vücut ağırlığını sayısal görüntü analizi kullanılarak tahmin etmeyi amaçlamışlar ve 140 hayvandan elde edilen verileri kullanmışlardır. Çalışmalarında, farklı cinslerden et sığırlarının vücut ağırlığı, sağrı yüksekliği (WH), vücut uzunluğu (BL), göğüs derinliği (CD), kalça genişliği (HW) ve vücut alanı (BA) gibi seçilmiş vücut ölçüleri kombine edilmiş ve sayısal görüntü analizi yoluyla karşılaştırılmıştır. Vücut alanı, vücut ağırlığının tahmini için göğüs çevresi yerine bir diğer parametre olarak çalışmaya dahil edilmiştir. Vücut alanı ve vücut uzunluğunu içeren regresyon denklemleri oluşturulmuş, sayısal görüntü analizinin vücut ağırlığını tahmin yeteneğinin düşük olduğu rapor etmektedirler. Vücut alanının, vücut ağırlığının tahmininde bir parametre olarak kullanılabilirliği düşük olsa da, gelecekte yapılacak daha iyi tasarlanmış deneylerle geliştirilmesi mümkün olabileceği sonucuna varmışlardır.

Stajnko ve ark. (2008), *Simental* cinsi hayvanlarda döl kontrolü esnasında boğaların canlı ağırlığını, *termografi* ve termal görüntü analizi yoluyla vücut ölçümlerini alarak tahmin etme çalışması gerçekleştirmişlerdir. Her boğa tartılmış, manüel olarak ölçülmüş ve termal kamerayla çekim yapılmıştır. Bu cihaz, görüntü analizi algoritmasıyla birlikte, tüm yedi yaş grubunda sağrı yüksekliği ve kalça yüksekliğinin tahmininde başarılı olduğunu kanıtlamışlardır. Farklı yaşlarda güncel vücut ağırlığını tahmin edebilmek için sağrı yüksekliği ve kalça yüksekliği ölçümlerinin uzun-dönem sürü verilerine dayanan iki lineer model geliştirilmişlerdir.

Bu bulgular ile termal kameranın canlı ağırlığının tahmininde kullanışlı bir araç olduğu, döl kontrolü ve sığırlarda stresi azaltmada kullanılmasının çok önemli olacağı sonucunu bildirmişledir.

Wang ve ark. (2008), Domuzların bilgisayar görme temelli tartılması, tartma işlemi sırasında hem hayvanın hem de tartma işleminden sorumlu kişinin stresini azaltabilecek, kesintisiz, hızlı ve diğerlerine nazaran doğru bir yaklaşım olabileceğini bildirilmişlerdir. Bu çalışmada, domuzların, hareketsiz görüntüleme amacıyla belli bir alana hapsetmek zorunda kalmadan canlı ağırlığını tahmin etmek için görüntü-temelli bir *walk-through* sistemi geliştirmişlerdir. Çalışmalarında, canlı ağırlık tahmininin doğruluğunu arttırmak için, *walk-through* görüntülerden alınan bir dizi fiziksel özelliği domuz canlı ağırlığıyla ilişkilendirmek için yapay sinir ağı tekniği kullanılmışlardır. *Walk-through* tartma sisteminin ortalama bağıl hatasının yaklaşık olarak %3 olduğu, bilgisayar görme temelli tartma sistemi kullanarak domuzların canlı ağırlığını elde etmesini daha da kolaylaştıracağı sonucuna varmışlardır.

Negretti ve ark. (2007), yeni nesil Leprino di Viterbo cinsinin vücut yapılarını geliştirmek amacıyla, canlı ve ölü tavşanların morfolojik özelliklerini ve ağırlıklarını tahmin etmede görüntü analizi değerlendirmişlerdir. İlk olarak, görüntü analizinin güvenilirliği 30 dişi tavşan üzerinde test edilmiş, daha sonra, 365 hayvan (2.5 kg kesim ağırlığında 130 dişi ve 205 erkek) bazı dış görünüş özelliklerini ve canlı ve karkas ağırlıklar arasındaki korelasyonları hesaplamak için kullanılmıştır. Elde edilen değerlerin doğruluğunu, 112 tavşan üzerinde denemişler, görüntü analizin morfolojik ölçümler ve ağırlık ölçümlerinin değerlendirilmesinde çok iyi sonuçlar verdiğini ifade etmişlerdir. Görüntü analizinin standart hatası, metrenin standart hatasından daha küçük olduğu için, (sırasıyla 0.06 ve 0.33), görüntü analizinin aletle ölçümden daha güvenilir olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonunda, görüntü analizinin ağırlık ve kafa uzunluğu, kulak uzunluğu, vücut uzunluğu ve vücut yan yüzeyi gibi morfolojik özelliklerin ölçüm ve seçimi için geçerli, hızlı ve kullanışlı bir araç olduğu sonucuna varmışlardır.

Cavero ve ark. (2006), otomatik süt sağma sistemiyle sağılan ineklerde mastitis sınıflandırılması ve kontrolüne yönelik bir bulanık mantık modeli geliştirmişlerdir. Toplam 478 inekten 403.537 sağım kaydı içeren bir veri kümesi kullanılmışlar ve mastitis üç farklı tanıma göre saptamışlardır: meme tedavileri (1),

meme tedavisi veya 100,000/ml üzeri somatik hücre sayımları (SCC) (2) ve meme tedavisi veya 400,000/ml üzeri SCC (3). Modeli geliştirmek ve doğrulamak için, veri kümesi rastgele bir biçimde eğitim verileri (319 inekten 284.669 sağım) ve test verilerine (159 inekten 135.414 sağım) ayırmışlardır. Test verilerinin sonuçları, eğitim verilerinin sonuçlarını doğruladığı sonucuna varmışlardır. Bulanık mantık, mastitis için bir algılama modeli geliştirmede kullanışlı bir araç olduğu ve daha aydınlatıcı parametreler vasıtasıyla, hata oranında dikkate değer bir azalma mümkün kılınabileceğini ifade etmişlerdir.

Pastorelli ve ark (2006), domuz tarafından işgal edilen boşluğun alanını hayvan üzerinden direk ölçümle veya dijital image analiz yöntemiyle bulmayı hedeflemişlerdir. Ağırlıkları 47 ile 198 kg. arasında toplam 100 domuz tek tek tartılıp, vücut uzunlukları, arka ve omuz yükseklikleri ölçülmüş, domuzların görüntülerinin alındığı yere dikdörtgen bir alan yerleştirilerek hesaplamışlardır. İlaveten, aynı mesafeden ve aynı çözünürlükte domuz resimleri dijital kamera ile ve pikseller sayılmak suretiyle her bir hayvanın geometrik şeklinin alanı tahmini için hesaplamışlar, direk ve resimlerden elde edilen ölçümler mukayese edilerek, karşılaştırmaları yapmışlardır.

Salskia ve ark (2006), Bu çalışmada, Orta Avrupa'nın ılıman bölgelerinde düşük stoklama oranına sahip otlaklarda büyükbaş hayvan otlatma yoğunluğunun, bulanık ve sinirsel-bulanık mantık yaklaşımıyla modellemişlerdir. Çalışmanın amacı, otlatma yoğunluğunu tahmin edebilmek amacıyla, mümkün olduğunca kolay bir biçimde toplanabilen veri kümelerine dayanan basit bir model oluşturmaktır. Bu çalışmada iki bulanık kural-temelli yoğun otlatma modeli sunulmaktadır. ANFIS ile parametrelerin belirlendiğini, ortalama karesel hatanın seçildiğini, Mamdani ve Sugeno-tipi modeller *MATLAB© Fuzzy Logic Toolbox* kulanılarak uygulandığını bildirmektedirler. Her iki modelin sonuçları, bu modellerin, sığır otlatma yoğunluğunun modellemesi için uygunluğunu doğrulamakta olacağı sonucuna varmışlardır.

Brown-Brandl ve ark. (2005), araştırmacıların, istatistiksel modeller aracılığıyla geleneksel yolla hayvan tepkilerini tahmin edebilmekte olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada, hayvanların solunum hızı ve yüzey sıcaklığı, rastgele örneklem çerçevesinde seçilen 40 hayvanda günde iki kez olmak üzere ölçmüşler ve

bu verilerin %70 i kullanılarak beş farklı model (iki istatistiksel model, iki bulanık çıkarım sistemi ve bir sinir ağı) geliştirilmişlerdir. Geri kalan %30'luk kısım kullanılarak test edilmiştir. Sonuçlar, test verilerindeki varyasyonun çoğunu (%68) sinir ağının açıkladığını göstermiştir, bunu veri-bağımlı bulanık model (Sugeno tipi) (%66) ve regresyon modelleri (%59 ve %62) takip ederken, veri-bağımsız bulanık model (Mamdani tipi) sadece %27'sini açıklanmıştır. Sinir ağı modeli nispeten daha iyi bir yaklaşım olabilirken, araştırmacı, bulanık çıkarım sistemi yaklaşımını kullanarak hayvan tepkileri hakkında daha çok şey öğrenebilmekte olduğu sonucuna varmışlardır. Test edilen tüm modeller için, solunum hızı, düşük stres koşullarında olması gerekenden büyük, yüksek stres koşullarında ise olması gerekenden küçük tahmin edilmiştir. Bu durum, tüm modellerin, doğru bir tahminde bunabilmek için gerekli olan giriş verilerinin önemli bir parçasından, muhtemelen önceki hava koşullarının birikimsel etkisinden yoksun olduğunu akla getirmekte olduğunu ifade etmişlerdir.

Doeschl-Wilson ve ark (2005), canlı domuzların vücut boyutları ile onların iskelet bileşimi arasındaki ilişkiyi görüntü analiz ile gerçekleştirmişlerdir. İmage analizin başarısı canlı organizma karkas bileşimi ve uygunluğunu ya tek başına ya da diğer canlı organizmadaki canlı ağırlık yağ derinliği gibi ölçümleri belirlemek için başarılı bir şekilde test edilmiş, her iki ticari tipteki domuzlar ağırlıkları 50-120 kg. arası yetiştirilerek, büyütülüp, sonra kesilmişlerdir. İki analizin gerçekleştirildiğini; birinci analiz ölçüm yapılmamış karkaslar ile görsel image analiz indexleri arasındaki ilişkinin adresleme, ikinci analiz karkas bileşimi ile *allometrik* büyüme eğilimli karkaslardan alınan verilerden elde edilen görsel image analiz vücut şekilleri arasındaki değerlendirme olduğunu ifade etmektedirler. Canlı organizmadaki görsel image analiz ölçümlerindeki sonuçlar kas büyüklüğü, karkas uygunluğu ve bileşiminin tahmininde faydalı ve kullanışlı olduğunu ifade etmektedirler. Bunun istatistiksel olarak da gerçekleştiği görmüşler ve Bu işlemin domuz üretimi, pazarlaması ve endüstrisinde önemli öneme sahip olduğunu belirtmektedirler.

Karslı ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada, dijital kameraların dijital görüntü teknolojisi içinde önemli bir yer tuttuğunu, ayrıca bu kameraların fotogrametrik ölçü amacıyla çok yaygın olarak kullanıldığını ifade etmektedirler. Genellikle kamera sistemini en iyi ifade eden parametrelerin bulunması olarak tanımlanan kalibrasyon

işlemi, kamera sistemlerinin metrik potansiyellerini belirlemek ve bu sistemlerdeki sistematik hataları denetlemek, düzeltmek için gerçekleştirilir. Bu çalışmada orta ve yüksek çözünürlükte dijital kamera sistemlerinin geometrik ya da metrik potansiyelleri belirlemişler, dört farklı kamera ile hem laboratuar ortamlarında test etmişler hem de gerçek uygulama alanı olarak seçilen bina modeline dayalı olarak geometrik testler yapmışlardır. Bu çalışmada, DLT (*Direkt Lineer Transformasyon*), İlave Parametreli Işın Demetleri Yöntemi (10 parametre), BLUH (*Bundle Block Adjustment*) Yazılımı olmak üzere 3 farklı matematik model, sözkonusu dijital kameraların geometrik kalibrasyonu ve doğruluklarının tespiti için kullanmışlardır. Bu modellerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak kameraların geometrik potansiyellerinin belirlenebileceği tespit etmişlerdir.

Lucchese (2005), çalışmalarında dijital fotoğraf makinelerinin yüksek-hassasiyetli geometrik kalibrasyonu için yeni ve etkili bir yöntem sunmaktadırlar. Görüntülerin düzeltilmesinde, doğrusal olmayan en küçük kareler optimizasyon problemi olarak ele almışlardır. Görüntüler önce, basitleştirilmiş bir matematiksel model vasıtasıyla referans görüntüyle hizalanmış, bu adım maliyet fonksiyonunun derece değişiminin kapalı-form hesaplamasıyla birlikte, en uygun çözüme hızla yakınsamak için minimumunun bulunmasında *Levenberg-Marquardt* algoritmasının kullanılabilmesini sağlamışlardır. Yeni kalibrasyon algoritma performansının, internet ortamında var olan ve bu çalışmada ele alınan bir dizi gerçek görüntü kullanılarak test edildiğini, ayrıca, doğruluğu, gerçek görüntülerin tahmin edilen parametrelerle üretilen yapay sürümleri vasıtasıyla değerlendirildiğini rapor etmektedir.

Aktan (2004), sayısal görüntü analizi ile etlik piliçlerde bazı karkas özelliklerinin belirlenmek için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasında, 49 günlük kesilen her iki eşeyden toplam 126 sıcak etlik piliç karkasında karkas alanı, göğüs genişliği, göğüs uzunluğu, göğüs alanı, göğüs ve *abdominal* deri rengi ile berelenmelere ait renk değerleri gibi bazı karkas özelliklerinin sayısal görüntü analizi yardımıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Erkeklerde karkas alanı, göğüs alanı, göğüs genişliği, göğüs uzunluğu değerleri dişilerden önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Bu özellikler arasında hesaplanan korelasyon katsayıları da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Göğüs ve *abdominal* derilerin renk analizinde,

muhtemelen dişilerde deri altında daha fazla yağ birikimine bağlı olarak RGB bileşenlerinin dişilerde erkeklere oranla önemli ölçüde daha yüksek olduğu, erkeklerde göğüs ve *abdominal* deri bölgesinde kırmızı bileşenin miktar olarak değişmemesine karşılık, dişilerde *abdominal* deri bölgesinde daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Görsel olarak ağırlıklı kırmızı, ağırlıklı mor ve ağırlıklı yeşil olarak sınıflandırılan berelenmeler arasındaki renk farklılıklarının, RGB bileşenlerinin gri ton değerleri bakımından da anlamlı olduğu ve bu nedenle farklılıkların sayısal olarak ayırt edilebilir şekilde tanımlanabildiği, tanımlanan berelenmelerin muhtemel meydana geliş zamanının ve nedenlerinin tahmin edilebileceği sonucuna ulaşmıştır.

Doeschl-Wilson ve ark (2004), image analiz yöntemi kullanarak büyüklük ve şekil olarak iki farklı domuz grubunun büyümesini izlemişler ve rastgele regresyon modelleri 70 ile 140 günlük iki ticari melez tipli toplam 25 domuzun günlük büyüme verilerini analiz etmek için kullanmışlardır. Görsel resimleme sistemi yemleme ünitesinin üstüne, farklı vücut ölçümlerinin ve alanların hesabı için yerleştirmişler, domuzların günlük canlı ağırlık ölçümleri elektronik beslenme ünitesinde platform tartı ile alınarak, domuzlar, ölçümler ve tiplerle ilgili büyüme eğrileri karşılaştırılmıştır. Büyüme esnasında diğer vücut ölçülerinde çok önemli farklılık oluşmamasına rağmen domuzların jambon bölgesinde daha hızlı genişlik farkı oluşmakta olduğunu görmüşlerdir. Her bir hayvanın boyutlarındaki artış ile şekilsel değişimleri arasındaki farkı önemli bulmuşlardır ($P<0.05$). Görsel resim analiz yöntemi domuzların büyüme takibinde çok başarılı bir şekilde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Wu ve ark. (2004), çalışmalarında, şekil veya yapının domuzların karkas kalitesi, üreme, üretim gibi sağlık ve diğer koşullara işaret ettiğini bildirmişler. Dolayısıyla bu işlemin takip edilmesi gerektiğini, bunun içinde yaptıkları çalışmada, 6 yüksek çözünürlüklü kamera (3032 × 2028 piksel) ve 3 flaş ünitesi ile bir stereo görüntü sistemi domuzların 3D şekillerini yakalamak için geliştirmişlerdir. Kameralar her domuzun arka, üst ve yandan stereo resimlerinin alınabilmesi için ayarlamışlar, resim çözünürlüğü domuz yüzeyinde 0.4mm piksel olarak belirlemişlerdir. Bu sistem kiloları 30 dan 80 e çıkan 14 haftalık zaman dilimi içindeki 32 domuzun resimlerinin yakalanması için kullanılmış, bu domuzlar beslenme biçimlerine göre iki gruba bölünmüştür. Bu bölmenin amacı şekil

farklılıklarını göstermek olduğunu, her stereo resim yüzey bölgesini üretmek için işlendiğini ve üç boyutlu resmi elde etmek için işlemler gerçekleştirildiğini bildirmişlerdir. Domuzlar tek tek resimlerinin alınacağı standart 3m×4m alana yerleştirmişler, resimler alınmadan önce CCD dijital kamera ile ilgili DLT kalibrasyon işlemleri yapmışlardır. Daha sonra test ortamında eş zamanlı resimleri çekilip resimleri stereo olarak eşleştirip, bu üç cepheden alınan görüntülerden üç boyutlu fotoğraflarını başarılı bir şekilde elde ederek değerlendirmişlerdir.

Kristensen (2003), pazarlama ve satım için domuz kesiminin en uygun seçiminin online canlı ağırlığı değerlendirmesi isimli bir çalışma gerçekleştirmiştir. Geleneksel kesimhanelerde en yoğun işgücü gerektiren görevin domuzun pazarlanması için gerekli olan ağırlığının belirlenmesi olduğunu belirtmektedir. Domuz kesim için uygun ağırlığa geldiğini belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla yapılan çalışmanın temeli canlı ağırlığın otomatik olarak değerlendirilmesi için dijital görüntü analiz yönteminin uygulanması ve geliştirilmesi gerektiğini yaklaşımını sunmuşlardır. Bu çalışmada kullanılan optimizasyon aracı bir hiyerarşik markov sürecini kullanmışlar ve bilgilendirme amaçlı bu karar destek sistemi ile çiftçi her ağılda pazarlama için hazır olan domuz sayısı hakkında bilgilendirilmiş olacağı sonucuna varmışlardır. Bu yazılım (MLHMP) sistemi böylelikle gerçekleştirilmiş bir model olarak kullanılmıştır.

Wet ve ark. (2003), yaptıkları çalışmada; bilgisayar destekli görüntü analiz yöntemi ile etlik piliçlerin günlük büyüme miktarlarının belirlenmesi işlemini ile, canlı ağırlık değişikliklerinin belirlenmesini hedeflemişler ve bunun için deney çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Kullandıkları 50 tavuktan rastgele 10 tanesi seçilip üstten video kaydedilerek, 42 günde büyüme periyotları izlenmiştir. Etlik piliçlere ait sayısal görüntülerde çevre ve yüzey cinsinden piksel değerleri ile vücut ölçüleri ve canlı ağırlık arasındaki ilişkiden yola çıkarak günlük büyüme hızının takip edilebileceğini, sayısal görüntü işlemenin pazarlamaya ilişkin kararların verilmesinde kullanılabilirliğini göstermişlerdir.

Gong ve ark. (2001), resim analizin uzaysal bağlamda değerlendirilmesi isimli çalışmalarında, image analiz işleminin gerçekleştirilmesinde kullanılan referans bir objenin uzaysal konumu ve diğer objelerle uzaysal ilişkisini içermekte olduğunu bildirmektedirler. Sayısal görüntü analiz sisteminde etkin görme sisteminde olduğu

gibi kesin odaklama ve uzaysal içerik kullanılabileceğini ifade etmektedirler. Çalışmalarında referans objeler ve bu objelerin diğer objelerle uzaysal ilişkilerinin belirlenmesi ve tanımlanması esası üzerine bina etmişlerdir. Görüntü analiz problemleri dinamik seçilen referans objelerin sırasal uzaysal koordinatlarının belirlenmesi temeline dayanır ifadelerini belirtmişlerdir. Medikal resim analiz ile yapılan deney sonuçları, bilgisayarla resim analiz sistemlerinde referans obje kullanmanın uzaysal içeriği belirlemek için kullanılan et etkili yöntem olduğunu belirtmektedirler. Öyle ki hedef obje hızlı ve doğru şekilde potansiyel yanlışlardan ayırt edilerek yeri belirleniyor ve sınırlandırılıyor sonucuna varmışlardır.

Schofield ve ark. (1999), prototip görüntüleme sistemi kullanarak domuzların büyümesini izlemişler ve takibini yapmışlardır. Domuzların günlük büyüme oranlarının takibi, domuz yetiştiricileri için performans ve sağlık durumlarını izleme ve onların kesim ağırlıklarının tarihinin tahmin ve kontrol edilmesi önemli olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma bu açıdan domuzların otomatik olarak resimlerin toplanması ve analizi ile ağırlıklarının bulunması olarak tanımlanır. Bu sistem başarılı bir şekilde üç genetik grup için uygulanmış ve hayvanların alanları ile ağırlıkları arasındaki ilişki ortaya konulmuştur. 3 grup erkek domuz 47 gün yemleme istasyonunda CCD kamera ve ışılama sistemi altında izlenmişler, ağırlıkları 47 kg. dan 90 kg. a kadar çıkmıştır. Görüntüleme sistemi sayesinde domuzların ağırlıkları (alanları baz alınarak) hesaplatılmış ve performansı değerlendirilmiştir. Bu sistem otomatize edildiğinde çobanlar domuzların performansını ve sağlığı izlenecek ayrıca pazarlama zamanı ve ağırlığı geldiğinde işlemler gerçekleştirilebileceği sonucuna varmışlardır. Bu sistemde lineer regresyon denklemleri kullanmışlar ve alanın ağırlıkla ilişkisi bularak başarılı şekilde uygulamışlardır.

Enevoldsen ve ark. (1997), sağrı yüksekliği ve genişliğinin, vücut kondisyon puanının ve ilgili yaş, nüfus (demografik) bilgilerin, süt ineklerinin vücut ağırlığının tahmin edilmesinde kullanımını değerlendirmişlerdir. Toplam 554 inek üzerinde gerçekleştirilen 972 gözlemden elde edilen verilerle yedi regresyon modeli geliştirmişler, sağrı yüksekliği, sağrı genişliği ve vücut kondisyon puanı, vücut ağırlığıyla tutarlı bir biçimde ilişkilendirmişlerdir. Bu çalışma ile, vücut kondisyon puanı, demografik bilgiler ve sağrı yüksekliği ve genişliği ölçümleri kullanılarak,

farklı çevrelerde bakımı yapılan farklı süt ineklerinin vücut ağırlığını tahmin edebilmek için güvenilir bir modelin geliştirilebileceği sonucuna varmışlardır.

Wilson ve ark. (1997), çalışmalarında, özel olarak beslenmiş etçi danalarının vücut ölçülerindeki değişiklikler, büyüme sürecinde üç belirli zamanda yaşıtlar şeklinde ve tüm besleme sürecinde yaşıt olmayanlar şeklinde ölçerek, vücut ağırlığıyla korelasyona tabi tutmuşlardır. Üç yaş grubunun her biri içerisinde, göğüs çevresinin lineer, kuadratik ve kübik terimlerini içeren bir model her ölçümde en yüksek R^2 değerlerini verdiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlar yaşıt olmayan bir grup erkek et danasında beslenme periyodunun başlangıcından 2 ila 16 hafta sonrasında vücut ağırlığının doğru olarak tahmin edilebildiğini göstermekte, ancak, danaların yaşıt gruplar dahilinde (2, 8 ve 16 hafta) vücut ağırlıkları R^2 değerlerine göre doğru olarak tahmin edilememekte olduğunu ifade etmektedirler.

Heinrichs ve ark. (1994), *Ayrshire, Brown Swiss* ve *Milking Shorthorn* süt düvelerinin gelişiminin modern bir değerlendirme sistemini geliştirmek amacıyla, sürülerden 1 ila 25 aylık 1279 *Ayrshire* (33 sürü), 1819 *Brown Swiss* (46 sürü) ve 565 *Milking Shorthorn* (20 sürü) ineklerin göğüs çevresi ve yükseklik verilerini toplamışlardır. Her aylık yaş için, göğüs çevresi ve yüksekliği değerlerinin ortalama ve standart sapmalarını belirlemişler, göğüs çevresi ve yüksekliği tanımlamak için, yaş üzerinde üçüncü derece regresyonlar ortalamalara uyumlu hale getirerek sonuca ulaşmışlardır. Bu verilerin düve yetiştirme programının hayvanların büyüme oranları açısından değerlendirilmesinde yararlı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Heinrichs ve ark. (1992), Holstein tipi düvelerde canlı ağırlık ve cidago yüksekliğinin vücut ölçümleri kullanılarak tahmin edilmesi isimli çalışmalarında; 2625 gözlem sayısı ve 6 deney sonucunda inekten canlı ağırlık ve cidago yüksekliği, sağrı genişliği, göğüs çevresi ve beden uzunluğunun ölçüm verilerini almışlar, bu verileri kullanarak lineer, karesel ve küpsel regresyon denklemleri oluşturmuşlardır. Bu denklemler kullanılarak canlı ağırlık tahminini vücut ölçülerinden yapmaya çalışmışlar ve yaklaşık sonuçlar elde etmişlerdir. Böylece vücut ölçülerinden (cidago yüksekliği, sağrı genişliği, göğüs çevresi ve beden uzunluğu) canlı ağırlığın tahmin edilebileceğini göstermişlerdir.

Zadeh (1965), ilk olarak kendisi tarafından ortaya konulan bulanık kümeler isimli çalışmasında; bulanık mantık ve matematiğin bir alt dalı olarak bulanık küme

teorisini ortaya atmış ve ikili üyelik fonksiyonu ile ifade edilen klasik küme yerine, üyelik fonksiyonuyla ifade edilen bulanık kümeleri önermiştir. Bulanık kümeyi, 0 ve 1 arasında değer alan değişik üyelik derecelerine sahip elemanlardan oluşan bir küme olarak tanımlamıştır. Ayrıca çalışmada, bulanık kümelerle cebirsel işlemler (kesişim, birleşim ve bir kümenin tümleyeni v.b.) ve özellikleri verilmiş, değişik bulanık kümeleri de tanımlamıştır.

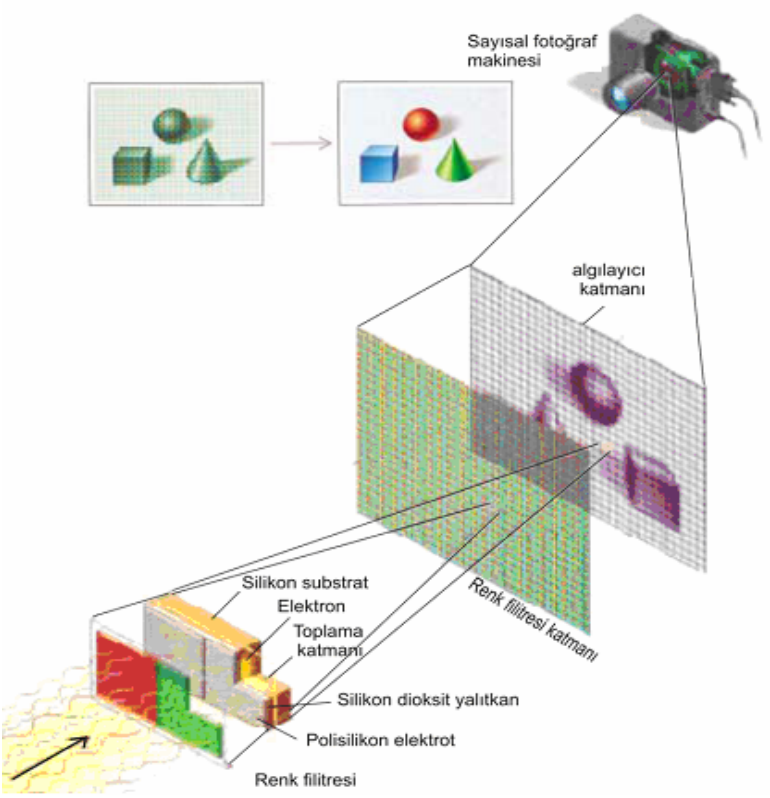
3. BİLGİSAYAR GÖRMESİ

Kamera ve tarayıcı gibi görüntü yakalayıcı cihazlarla alınarak sayısallaştırılan görüntülerin veya resimlerin bilgisayar yazılımlarıyla işlenmesi, hatalardan temizlenmesi, özelliklerinin değiştirilmesi veya analizi görüntü işleme olarak tanımlanır. Bilgisayar tarafından anlaşılabilecek şekle dönüştürülen yani sayısallaştırılan görüntünün her bir piksel değeri bir sayı olarak hafızada depolanacak olan karelere bölünür. Her piksel noktasında görüntünün parlaklığını ve koyuluğunu temsil eden bir tamsayı bulunur. Bütün piksel değerleri için bu işlem gerçekleştirildiğinde, görüntü tamsayılardan oluşmuş bir matris şekline dönüşür. Resim bilgisi bu biçime getirildiği zaman, yazılım tarafından işlenmeye hazırdır. Sayısal görüntü analiz ve işleme teknikleri endüstriyel, tıp, astronomi, meteoroloji, jeoloji, arkeoloji, güvenlik sistemleri, veteriner, eğitim v.b. çok değişik alanlarda yaygın bir biçimde uygulanmaktadır (WEB7 2010, Güler ve ark. 2007).

3.1 Dijital (Sayısal) Kameralar ve Görüntü Alma Teknolojisi

Bilgisayar ortamında işlenebilecek görüntü sinyallerini sayısal forma dönüştüren optik elemanlı elektronik cihazlardır. Dijital kameralar bilgisayar görüntü işleme ve analiz uygulamalarında (mimari objelerin ölçümü, yakın mesafeden haritalama, mühendislik uygulamaları ve uzay endüstrisi v.b.) yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Sayısal fotoğraf makinelerinde sensör tipleri olarak CCD (*Charge Coupled Device)* ve CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) algılayıcılar kullanır. Bu detektörler sayesinde görüntü dijital formda kaydedilir ve alınan görüntü üzerinde görüntü işleme operasyonlarının yapılmasını da kolaylaştırır. CCD tabanlı kameralar ışık hassasiyetinin ve görüntü kalitesinin önemli olduğu ortamlarda kullanılırlar. Ne var ki bunların çok fazla güç tüketmeleri ve aynı yonga

üzerinde işlevi farklı devre elemanlarının yapımına uygun olmamaları kullanımlarını sınırlamaktadır. Maliyetin veya boyutun önemli olduğu durumlarda ve aynı yonga üzerinde birçok işlevsel elemanı içerebilmelerinden dolayı CMOS algılayıcı tabanlı kameralar tercih edilmektedirler. CMOS kameralar CCD kameralara göre daha az enerji harcarlar ve hızlı görüntü aktarabilirler. CMOS kameralarda bloom (benek parlaması) problemi yaşanmaz. Şekil 3.1'de bir sayısal fotoğraf makinesinin görüntü alma aşamaları verilmiştir (Karslı ve ark. 2005, Karakuş 2006, Edizer 2006, Kurtuluş 2000).

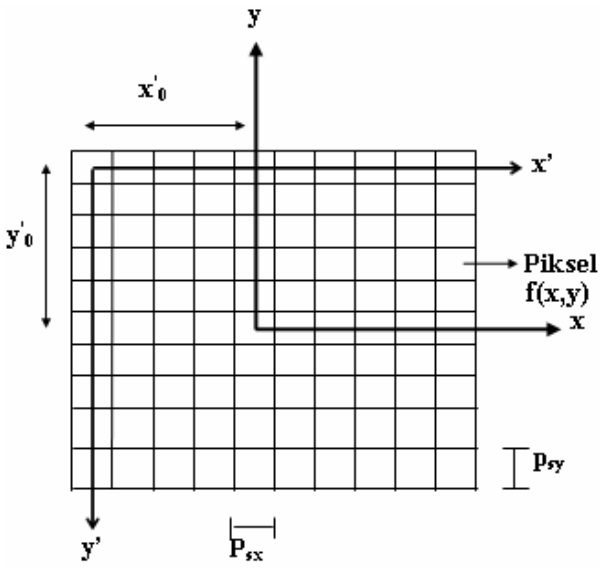


Şekil 3.1 Sayısal fotoğraf makinesi görüntü alma aşamaları

3.2 Sayısal Görüntü Modeli

Matematiksel ve bilgisayar açısından sayısal bir görüntü iki boyutlu bir fonksiyon ve vektör dizisidir. Diğer bir deyişle her elemanı bir vektör olan bir matris olarak ifade edilebilir. Matris elemanlarının değerleri de bu f(x,y) fonksiyonun bir x

ve y noktasındaki sayısal değerini temsil eden o noktanın gri parlaklık rengin değişim değerleridir. Burada x ve y piksel koordinatlarını yani görüntünün geometrik boyutlarını oluşturur. Dijital görüntüdeki ölçümler bir piksel koordinat sisteminde (2B) ifade edilir (Şekil 3.2). Bir görüntünün yatay ve düşey eksenindeki piksel sayısı onun boyutsal çözünürlüğünü tanımlar (Gonzalez ve ark. 2002, Güler ve ark. 2007, Karakuş 2006, WEB8 2010, McAndrew 2004).



Şekil 3.2 Görüntünün sayısal gösterim modeli

Şekil 3.2'de kullanılan sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir.

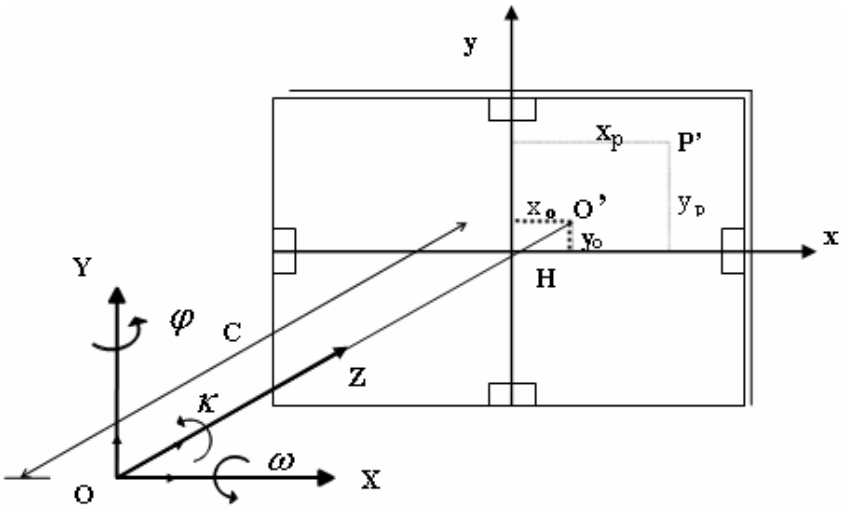
x ',y' : Piksel koordinatları

x'_0, y'_0 : Piksel koordinat sistemindeki asal noktanın koordinatları

x, y : Görüntü koordinatları

p_{sx}, p_{sy} : x ve y yönündeki piksel büyüklüğü.

Görüntü üzerindeki detaylar görüntü koordinat sistemine (2B) göre ölçülür. Çekim sırasında resim üzerinde beliren işaretlerin birleştirilmesi sonucu oluşan koordinat sistemidir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Görüntü koordinat sistemi

Şekil 3.3'de gösterilen sembollerin anlamları aşağıdaki gibidir.

O : İzdüşüm merkezi,

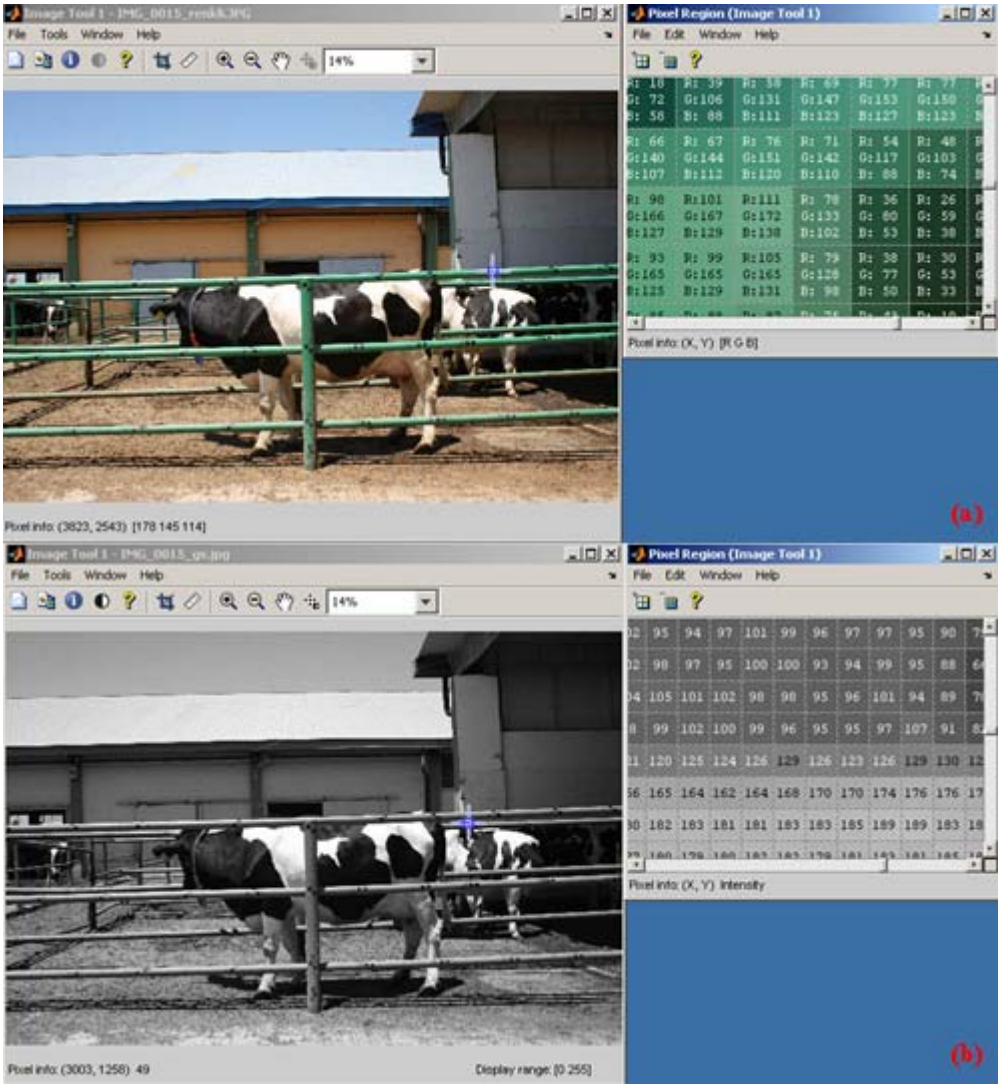
O': İzdüşüm merkezinin görüntü düzlemindeki karşılığı ve bu noktanın üç boyutlu uzay koordinatları

ω, φ, κ : Dönüklük açıları,

c : Odak uzaklığı, (kamera sabiti, asal uzaklık),

x_p,y_p : P noktasının görüntü koordinatlarıdır.

Sayısal görüntü renk modelleri üç farklı şekilde incelenmektedir. Siyah-Beyaz (*binary*-ikili) görüntü her bir piksel ya siyah ya da beyaz olarak oluşur. Burada sembolik olarak beyaz pikseller 1, siyah pikseller 0 değeri ile gösterilecektir. Mesela parmak izi görüntüleri veya yazı karakterleri bu görüntü şeklinin kullanıldığı alanlardandır. Gri (gray scale) seviyeli görüntülerde, görüntü farklı gri seviye değerlerinden oluşur. Bir gri seviyeli görüntüde 256 tane farklı gri ton değeri bulunur. 0 gri değeri kural olarak siyah renge, 255 gri değeri ise beyaza karşılık gelir. Bu değerler arasında ise gri seviyeler oluşur. Renkli (*color*) sayısal görüntüde her piksel kırmızı, yeşil ve mavinin (*Red-Green-Blue*) farklı oranlarda karıştırılmasıyla oluşur ve 0-255 arasında değişen değerleri ile oluşmaktadır. Başka bir deyişle resimde başlangıç noktası (0,0,0) siyah, tüm renk değerlerinin (255,255,255) olduğu değer ise beyaz olacaktır. Şekil 3.4'te sayısal görüntü modelini ve Şekil 3.4b'de sayısal görüntünün f(3003,1258) noktasının parlaklık değeri 49 olarak vermektedir (Karakuş 2006, Baş,1993, Yakar 2004).



(a) Renkli (b) Gri

Şekil 3.4 Sayısal görüntü modeli (fonksiyon ve koordinat değerleri)

3.3 Görüntü İşlemede Temel Teknikler

Görüntü işlemede sayısal görüntü elde edildikten sonra yapılacak ilk adım, ön işleme işlemidir. Bu işlemler görüntünün belirginleştirilmesi (*image enhancement*), görüntüdeki kirliliklerin filtrelenmesi (*filtering noises*), görüntü üzerindeki yapısal bozuklukları yok etmek veya minimize etmektir.

Görüntü işleme tekniklerinden görüntü zenginleştirme teknikleri görüntüyü biçimlendirmek için kullanılan ön işlemlerdir. Görüntü zenginleştirmenin amacı

orijinal görüntünün analiz yapılabilmesi için uygun hale getirilmesidir. Görüntü iyileştirme olarak ta bilinen (*enhancement*), görüntünün görsel yorumlama ve anlaşılmasını artırmak için yapılır. Görüntü analiz çalışmaları farklı uygulamalar ve farklı amaçlar için yapılabilmesi nedeniyle görüntü zenginleştirme fonksiyonları da çeşitlilik gösterir.

Ön-işlemler bittikten sonra görüntü biçimlendirme (*segmentation*), görüntüyü kendisini meydana getiren alt görüntülere parçalama basamağına geçilir. Görüntü biçimlendirme, bir görüntüdeki nesne ve artalanın veya resim içerisindeki ilgilenilen değişik özelliklere sahip bölgelerin birbirinden ayrıştırılması işlemidir. Görüntü biçimlendirme bir resimdeki nesnenin sınırları, şekli veya o nesnenin alanı gibi ham bilgiler üretir. Eğer objelerin şekilleriyle ilgileniyorsak biçimlendirme bize o nesnenin kenarları, köşeleri ve sınırları hakkında bilgi vermesini bekleriz.

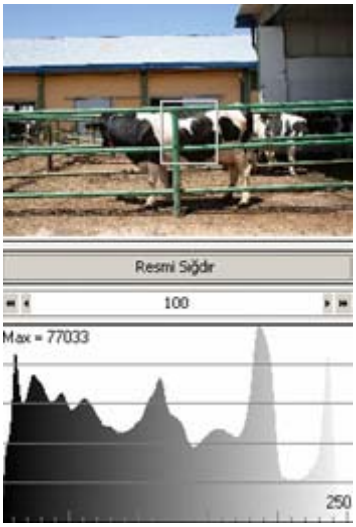
Görüntü biçimlendirmeden sonraki basamak, görüntünün gösterimi ve resmin tanımlanmasıdır. Ham bilgiler görüntüde ilgilenilen ayrıntı ve bilgilerin ön plana çıkarılması bu aşamada yapılır. En son kısım ise tanıma ve yorumlamadır. Bu aşamada ise görüntü içerisindeki nesnelerin veya bölgelerin önceden belirlenen tanımlamalara göre etiketlendirilmesidir.

Bütün bu işlemler sırasında görüntü bilgisinden sürekli yararlanılmaktadır. Ham görüntünün ilk durumunda var olan bilgilerde işlemlerden önce gözden geçirilmeli ve görüntü işleme teknikleri esnasında da sürekli görüntüden bilgi alınarak onun analizi sağlanmalıdır.

Filtreler bir görüntünün görsel yorumlanabilirliğini artırmaktır. Bu amaçla görüntüde belirli ayrıntıların ayıklanması ya da daha belirgin hale getirilmesi vb. gibi operasyonları gerçekleştiren operatörler filtrelemedir. Bunu gerçekleştirmek için çeşitli sayısal filtreleme matrisleri kullanılır. Görüntüdeki farkların vurgulanması, kenar çizgilerinin vurgulanması ya da giderilmesi işlemleri için farklı sayı matrisleri kullanılmaktadır. Filtreler resmin içerisindeki bazı ayrıntıları ortaya çıkartmak veya resim içerisindeki istenmeyen gürültülerin ve bozulmaların yok edilmesini sağlamak için kullanılmaktadır. Farklı amaçlar için farklı filtreleme operatörleri vardır (Karakuş 2006, Yılmaz 2005).

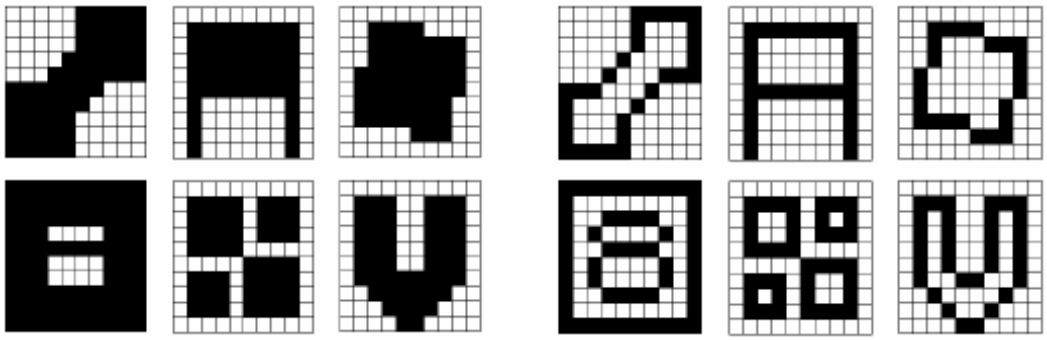
Histogram, görüntü üzerindeki piksellerin değerlerinin yani görüntüdeki parlaklık seviyelerinin sayıca dağılımını grafiksel gösteren fonksiyondur. Her

parlaklık seviyesine sahip kaç piksel bulunduğunun grafiksel olarak ifadesidir. Görüntü histogramı, görüntünün her bir noktasındaki piksellerin tespiti ile bu piksellerin sayısının ne olduğunu gösterir. Görüntü üzerindeki piksellerin nerede yerleştiği tam olarak çıkartılamaz (Yaman ve ark. 2001, WEB8 2010, Yılmaz 2005, Mcandrew 2004). Şekil 3.5'de renkli resme ait histogramlar grafiksel olarak görülmektedir.



Şekil 3.5 Dijital renkli bir resim ve histogram değerlerinin grafiksel görünümü

Kenar çıkarma, görüntünün içerdiği bilgiyi değerlendirip, gereksiz ve tanıma işlemlerinde zaman kaybettiren bilgiyi eleyerek yeterli düzeye indirgemektir. Kenar, farklı aydınlık değerlerindeki iki homojen alan arasındaki sınır olarak tanımlanabilir. Bu tanım, kenarın görüntüdeki aydınlık seviyesinin yerel değişimi şeklinde de düşünülmesini sağlar. Kenar çıkarıcılarının etkinliği, homojen alan noktalarından gerçek kenar noktalarını ayırt etme yeteneğine bağlıdır. Nesnenin kenarlarını çıkarma algoritmalarında arzulanan sonuç hiçbir bilgi kaybına olanak tanımadan, hafızada en az yer tutan, tek piksel genişliğindeki en ince kenar izinin bulunmasıdır. Böylece nesne tanıma işlemi daha hızlı yapılabilir ve aynı zamanda nesne tanımak için oluşturulacak veri tabanları daha kolay elde edilebilir. Şekil 3.6 ile bir kenar çıkarma işlemi ve sonucu görülebilir (WEB7 2010, Gonzalez ve ark. 2002, WEB9 2010).



Şekil 3.6 Kenar çıkarma işlemi

Eşikleme (*Thresholding*) işlemi ise, görüntü işlemenin önemli aşamalarından biridir. Özellikle görüntü içindeki nesnenin kapalı ve ayrık bölgelerinin belirginleştirilmesinde kullanılır. Piksellere ayrılmış görüntünün, ikili yapıdaki görüntüye kadar düzenlenmesini içerir. Görüntüyü eşikleme işlemine tabi tutmadan önce bir eşik değeri saptanır. Basit olarak eşikleme işlemi, görüntü üzerindeki piksel değerlerinin belirli bir değere göre atılması ve yerine diğer değerlerin yerleştirilmesi işlemidir. Böylece görüntü üzerindeki nesnelerin arka planı ile nesne hatlarının çıkartılması sağlanır (Yaman ve ark. 2001, WEB7 2010).

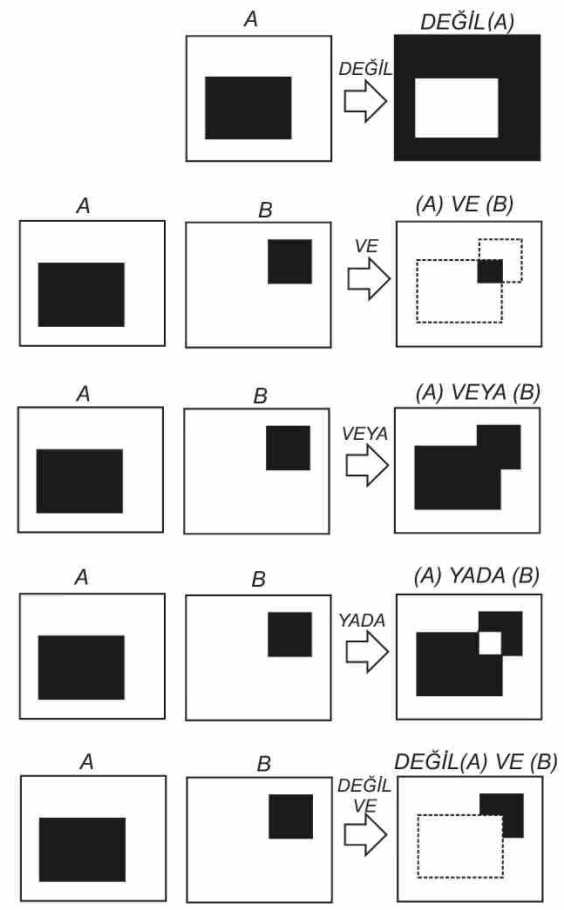
Görüntü üzerinde 0–255 arasında değere sahip piksellerden eşikleme yardımıyla, sadece belli değerler arasında veya dışında kalanlar ortaya çıkarılabilir. İki farklı sayısal görüntü arasında matematiksel işlemler (toplama, çıkarma, çarpma, bölme vb.) yapma şansı da bulunmaktadır. Örneğin (çıkarma işleminin kullanımında) hayvanların bulunduğu bir mekâna ait görüntüden, boş mekân görüntüsü çıkarıldığında hayvanların görüntüsünü verir ki, belirli zaman dilimlerinde bu şekilde hayvan görüntülerinin elde edilmesi ve değerlendirilmesi, davranış incelemelerinde kullanılabilir bir durumdur (Aktan 2004) .

3.3.1 Resimlerde aritmetik ve mantıksal operatörler

Pikseller arasında aritmetik ve mantıksal operatörler görüntü işlemede sık kullanılan yöntemlerden birisidir. Pikseller arasındaki aritmetik operatörler, toplama, çıkarma, çarpma ve bölme şekilde ifade edilir.

Bu operatörler görüntü üzerinde piksele karşılık piksel olarak yapılmaktadır. Toplama operatörü kirlilik azaltmada, çıkarma operatörü örneğin medikal görüntülerde bulunan statik arka planların çıkarılmasında, çarpma ve bölme operatörleri ise renkli görüntünün grinin seviyelerine çevirmede kullanılmaktadır. Aritmetik operatörler sonucunda piksellerin koordinatları değişmemekte sadece renk değerleri değişmektedir.

Görüntü işlemede temel mantıksal operatörlerden en çok kullanılanları *and* (ve), *or* (veya) ve *not* (değil) operatörleridir. Mantıksal operatörler sadece ikili görüntülere uygulanabilmektedir. Mantıksal operatörler ikili görüntülerde şekillerin bulunması ve analizi gibi temel işlemlerde kullanılır. Şekil 3.7'de mantıksal operatörlerin uygulanışı verilmiştir (Karakuş 2006, Yılmaz 2005, Gonzalez ve ark. 2002).



Şekil 3.7 İkili görüntüde mantıksal operatörler

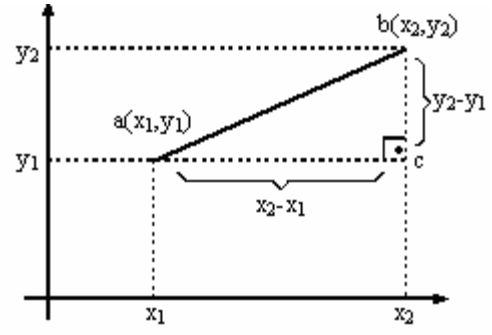
3.4 Görüntü Analizinin Tanımı ve Metodolojisi

Cisimlerin temassız analizleri diğer yöntemlere göre daha çok tercih edilir, çünkü temas halinde ölçülecek cisim üzerinde tahribat veya değişiklik meydana gelebilir. Görüntü analiz işlemi temassız ölçme uygulamalarında yaygın bir biçimde kullanım olanakları sunmaktadır. Sayısal görüntü işleme ile sonuçta yeni bir görüntü elde edilir. Sayısal görüntü analizinde ve görüntü işlemenin uygulamada bazı farklılıkları vardır. Analiz işleminin temel farkı, yapılan işlemler sonucunda yeni bir görüntü elde edilmeden, görüntüye ait sınıflandırmalar veya ölçümler yapılıyor olması, görüntüyle ilgili istatistikler üretilmesidir. Görüntü analizinde nesnelere ait parametrelerin (şekil, uzunluk, alan, açı, gri-ton ve renk değerleri vb.) ölçülmesi söz konusudur.

Ham sayısal görüntülerde alan ve uzunluk gibi ölçümler piksel cinsinden hesaplanabilir. Bu işlem günlük hayatta ölçüm için kullandığımız metrik sisteme benzer şekilde olduğundan, resimlerin analizi işleminde kullanılması da daha fazla tercih edilir. Bu ölçümlerin metrik sisteme göre yapılabilmeleri için, görüntü üzerinde yer alan ve metrik sistem karşılıkları bilinen referans noktalarının yazılım aracılığıyla tanımlanmaları gerekir. Sayısal görüntünün ölçekli hale getirilmesi işlemi iki yöntemle gerçekleştirilebilir. Bunlardan birincisi görüntü üzerinde referans büyüklükleri temel alınarak görüntünün tamamı ölçekli hale getirilebilir. İkincisi ise fotoğraf makinesinin standart mercek uzaklığı tespit edilerek görüntüsü alınacak yüzey ile makine arasındaki uzaklık tespit edilerek görüntü ölçekli hale getirilir (Kropatcsch ve ark. 2001, Aktan 2004, Karakuş 2006).

3.5 Pikseller Arası Mesafe Ölçümleri

Bir resim üzerinde, $a(x_1,y_1)$, $b(x_2,y_2)$, pikselleri bir görüntüden belirlediğimiz noktalar olsun. Bu noktalar arasındaki mesafeyi *öklid* bağıntısına (denklem 3.1) göre Şekil 3.8'de ifade edebiliriz.



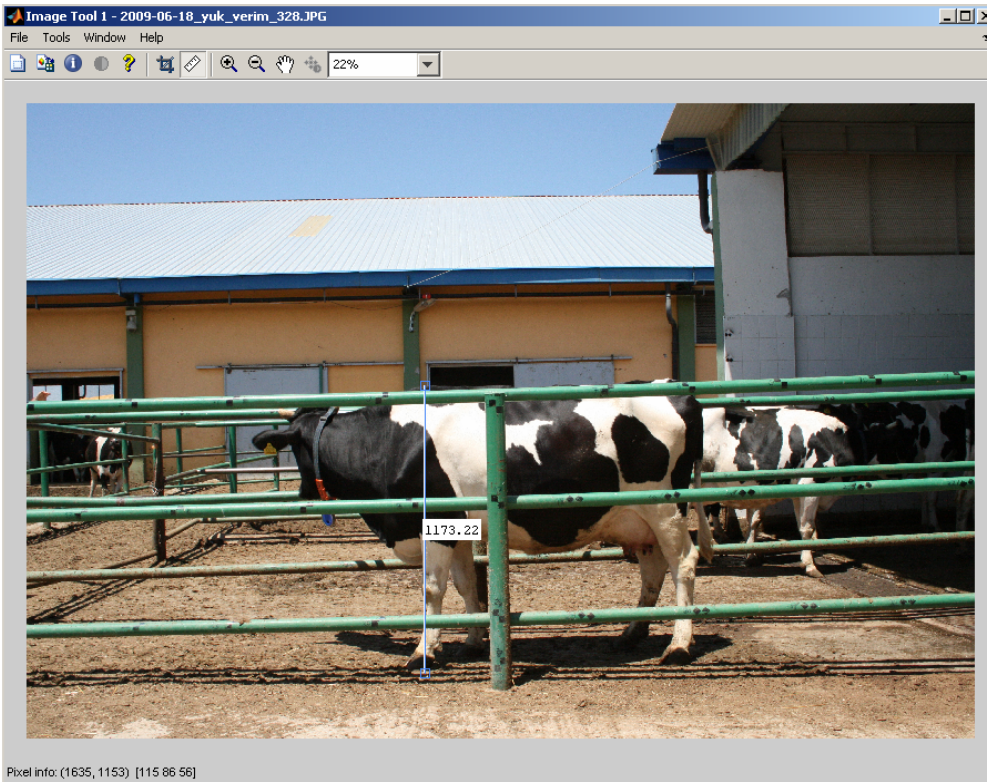
Şekil 3.8 Öklid bağıntısı ve matematiksel ifadesi

$$|Mesafe| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \tag{3.1}$$

Şekil 3.9'daki örnek incelendiğinde (3888x2592 çözünürlükte çekilmiş) bir ineğe ait cidago yüksekliğinin imtool (*Image Processing Toolbox*) kullanılarak görsel ve otomatik olarak bulunabildiği görülmektedir.

$$|Mesafe| = \sqrt{(1635.279\text{-}1635.279)^2 + (2326.479\text{-}1153.258)^2} = \sqrt{1376448} = 1173.22$$

pixel olarak bulunmaktadır.



Şekil 3.9 Örnek mesafe hesabı

Bu mesafe formülü, görüntü üzerinde herhangi bir çap veya uzaklık bulunmak istendiğinde kullanılabilir. Eğer üç boyutlu bir koordinat sisteminde mesafe bulunacaksa o zaman z_1 ve z_2'de devreye girecektir (denklem 3.2) ve öklid bağıntısına göre, aşağıdaki formül ile hesaplanacaktır.

$$|Mesafe| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \tag{3.2}$$

4. FOTOGRAMETRİK TEKNİK

Teknik uygulama olarak tanımı, fotoğraflar üzerinden nesnelerin hassas üç boyutlu (3B) ölçme tekniği ve görüntü verilerinin metrik yorumlaması şeklinde yapılmaktadır. Bu ölçüler uzaklıkları, açıları, alanları, hacimleri, yükseklikleri, nesnelerin boyutlarını ve şekillerini bulmaya olanak sağlarlar. Fotogrametrinin asıl amacı, uzaktaki cisimlerin geometrik parametrelerini fotoğraflar yardımıyla elde etmektir. Bunun için gerekli olan resimler, kameralar ile direk ya da normal resimlerin tarayıcılar yardımıyla taranıp sayısal ortama aktarılması ile sağlanmaktadır. Fotogrametride ilk adım istenilen şekilde resimlerin çekimidir. Stereo değerlendirmenin yapılabilmesi, üç boyutlu verilerin elde edilmesi ve yüksek doğruluğa ulaşılması için, aynı cismin en az farklı iki istasyon noktasından, senkronize resimlerinin çekilmesi şarttır. Bu sayede gerek analitik ve gerekse grafik değerlendirme daha basit bir şekilde yapılabilmektedir (Yakar 2004, Erdoğan 2005, Tüdeş 1996, Wolf ve ark.2000, Atkinson 1996).

Resimleri analiz ederek yapılan temassız ölçüm işlemi, herhangi bir cisim üzerinden yapılan geleneksel ölçüm yöntemleri ile kıyaslandığında önemli avantajlara sahiptir. Ölçümler ölçülecek cisme dokunmadan yapılır. Bu hem cisimdeki deformasyonu hem de ölçen için emniyeti sağlar, güvenlidir. Verilerin elde edilmesi süresi oldukça hızlıdır. Resimler çok yüksek yoğunlukta hem metrik, hem de semantik (anlam bilimi) bilgileri içerir. Katı ve sabit cisimlerin dışında, hareketli ve deforme olabilen, akıcı-uçucu (su, gaz ve bulut gibi) nesneler ile cisimler de kaydedilip ölçülebilir. Karışık şekil ve hareketler kolaylıkla ölçülebilir. Ölçümü zor olan mekan ve nesne veya yerlerden boyutsal ölçümler elde edebilmek için de kullanılabilmektedir. Daha sonraki bir zamanda da geometrik olarak değerlendirilebilme veya ölçülebilme imkanı sağladığından çok amaçlı görsel kayıt olarak kullanılması şeklinde ifade edilebilir (Yakar 2004, Baş 1993, Tüdeş 1996, Gonzalez ve ark. 1993).

4.1 Kontrol Noktalarının İşaretlenmesi

Fotogrametride, resimlerin bir ölçü resmi olarak kullanabilmesi için gerekli olarak şartlardan birisi de resim üzerinde 3B koordinatları bilinen noktalara ihtiyaç duyulmasıdır. Koordinatları bilinen noktaların resim üzerinde görülebilmesi için resim çekiminden evvel işaretlenmeleri gerekir. İşaretlerin yapımı sırasında resim üzerinde kolay bulunması ve ölçü alınacak noktada herhangi bir hatanın oluşmamasına dikkat edilmelidir (Tüdeş 1996).

4.2 Görüntü Alma İşlemi

Çekim işine başlamadan evvel stüdyo ortamı hazırlanır ve kamera istasyon noktasına kurulup, gerekli düzenlemeler yapılır. Stüdyo ortamında 3B koordinatları bilinen referans cisim uzay koordinatları işaretlenir ve ölçülür. Bu ölçüler yardımıyla kamera kalibrasyon ve dönüşüm işlemleri gerçekleştirilebilir. Daha sonra kamera kalibrasyon işlemi hazırlanan deney test düzeneği ile gerçekleştirilir. Fotoğraf üzerinden (nesnelerin boyutları, hacim, yükseklik v.b.) hassas ölçümler yapılabilmesi ve görüntü verilerinin metrik yorumlanabilmesi için değişik istasyonlardan *stereo* ve *senkronize* görüntülerin çekilmesi şarttır. Bu ölçümlerin metrik sisteme göre yapılabilmeleri için, görüntü üzerinde yer alan ve metrik sistem karşılıkları bilinen referans noktalarının yazılım aracılığıyla tanımlanmaları gerekir (*spatial calibration*) (Tüdeş 1996, Yakar 2004).

4.3 Kalibrasyonun Tanımı ve Amacı

Kamera kalibrasyonu, kamera sistemini en iyi şekilde ifade eden parametrelerin bulunması olarak ifade edilir. Doğru ölçüye ulaşabilmek için kameraların geometrik performanslarının bilinmesi zorunludur. Geometrik doğruluk ancak ilgili kameranın kalibrasyonu yapılarak belirli parametrelerin bulunmasıyla ortaya çıkabilir. Bu parametreler bilindiği üzere resim çekme merkezin uzaklığı, resim koordinat sistemi

eksenlerinin yönleri ve dönüklükleri ile distorsiyon parametreleridir. Aynı zamanda bir resim çekme makinesinin kalibrasyonu fotogrametrik nokta belirleme işleminin tersi olarak da ifade edilebilir. Fotogrametrik nokta belirlemesinde iç yöneltme elemanları bilinir ve cisim noktalarının koordinatları istenir. Kalibrasyonda ise cisim noktalarının koordinatları bilinir ve iç yöneltme elemanları aranır. Kalibrasyon uygulamada doğru ve hassas bir şekilde 3B bilgi çıkarmak için yapılır. Geometrik kalibrasyonda amaç kamera iç (x_0, y_0, c) ve dış yöneltme (X_0, Y_0, Z_0, ω, φ, κ) ile distorsiyon parametrelerini belirlemektir. Yani ilgili kameranın fotogrametrik anlamda metrik ya da ölçü potansiyelinin ortaya çıkarılmasıdır (Karslı ve ark. 2003, Atkinson 1996, Göktepe 2005).

Resim çekim makinesinin mercekleri fiziksel bir takım özelliklere sahiptir. Merceklerin izdüşümdeki fiziksel etkilerine genel olarak distorsiyon adı verilir. Bu dis

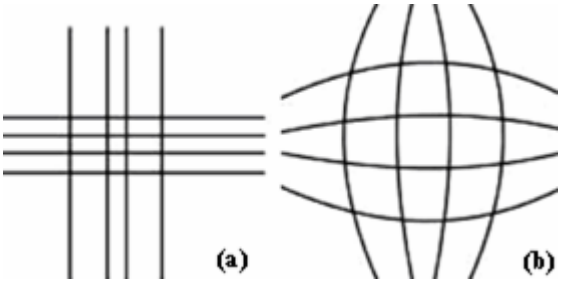
4.3.1 Radyal distorsiyon torsiyon iki çeşittir.

Merceklerdeki açısal büyütme ile orantılı olarak merceğe aynı uzaklıktan ancak farklı açılara sahip hedeflerden gelen ışık ışınlarının izdüşüm düzleminin önünde ya da arkasında odaklanması sonucu oluşan görüntü ötelemesi şeklindeki distorsiyondur. İzdüşen ışık ışının izdüşüm merkezinin (resim düzleminin) önünde ya da arkasında odaklanmasına göre distorsiyon pozitif veya negatif olarak adlandırılır (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Yastık ve fıçı biçimli distorsiyonlar

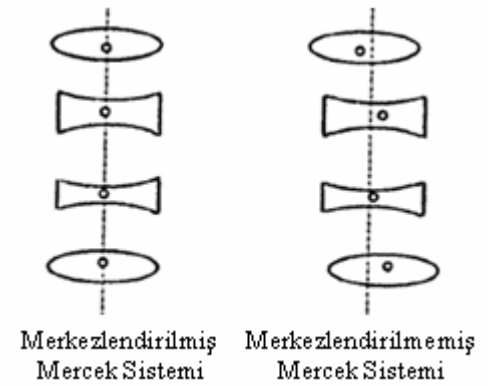
Distorsiyon merkezi ana noktayla aynıdır. Bozulmalar kalibrasyonla bulunarak düzeltilebilir. Gerçekte düz çizgiler distorsiyon sonucunda resim üzerine parabolik olarak izdüşer (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Düz Çizgi (a) ve düz çizgilerin distorsiyon etkisiyle aldıkları durum (b)

4.3.2 Teğetsel distorsiyon

Resim çekme makinelerinde kullanılan çoklu mercek sistemini oluşturan bütün elemanlarının aynı doğru üzerinde oluşması gereklidir ve buna fabrikasyon aşamasında dikkat edilmelidir. Mercek merkezlerin aynı doğru üzerinde bulunmaması, doğrultudan sapma resimde teğetsel (tanjant) distorsiyon (Şekil 4.3) adı verilen geometrik yer değiştirmeye sebep olacaktır (Büyüksalih ve ark. 2000, WEB11 2010, Tasdemir ve ark. 2009).



Şekil 4.3 Mercek elemanlarının aynı doğrultuda olmaması (teğetsel distorsiyon)

4.4 Resim çekme makinelerinin kalibrasyon yöntemleri

Literatürde çok çeşitli kamera kalibrasyon metotları mevcuttur. Bunlar lineer, nonlineer ve multi-step teknikleri olarak sayılabilir. Ayrıca, çekim sırasında kalibrasyon yöntemi, kendine özgü kalibrasyon yöntemi, geometrik özellikleri kullanarak kalibrasyon yöntemi, goniometrelerle kalibrasyon yöntemleri, çoklu kolimatör ışınlarıyla kalibrasyon ve lineer transformasyon ile kalibrasyon yöntemleri olarak sayılabilir. Lineer yöntemi diğerlerine göre hızlıdır. Bu kategoride en yaygın kullanılan metot *Direct Linear Transformation* (DLT), ilave parametreli ışın demetleri (*Bundle Adjustment*) ve Tsai's (*Roger Tsai's perspective projection camera model*) dir (Tasdemir ve ark. 2009, Yakar 2004, WEB10 2010, Wang 2008).

4.4.1 *Direct linear transformation* (DLT) yöntemi

Koordinat sistemleri arasında bir dönüşümün (transformasyon) yapılabilmesi için bu sistemlerin tanımlanması ve birbirlerine göre durumlarının belirlenmesi gerekir. Fotogrametride ölçülen resim koordinatlarının, cisim koordinat sistemine dönüştürülmesi gerekir. Abdel-Aziz ve Karara (Abdel-Aziz ve ark. 1971) tarafından geliştirilen DLT yöntemi resim koordinatlarından cisim koordinatlarına dönüşümü doğrudan gerçekleştirebilmektedir. Bu metot, resim düzlemi ile uzay koordinat sistemi arasındaki dönüşümü tanımlamaktadır. Bu yöntemin en büyük avantajı, çözümün lineer olması ve yaklaşık değer probleminin olmamasıdır. DLT eşitlikleri ile direkt olarak resim koordinatlarından uzay koordinatlarına ulaşmak mümkündür. Uygulamada 2 boyutlu (2B) resim düzlemi ile 3B cisim uzay koordinat sistemi arasındaki ilişki modellenerek kameraları tanımlayan 11 adet (transformasyon parametreleri) kamera kalibrasyon parametresi hesaplanır. 11 parametreye ilave edilmiş parametrelerle birlikte DLT eşitlikleri aşağıdaki denklemlerde verilmiştir.

Her bir cisim noktasından resim düzlemine izdüşüm merkezinden geçecek şekilde düz bir çizgi düz bir çizgi tasarlanır (Şekil 3.3, Şekil 3.4). Resim koordinat sistemi ile cisim koordinat sistemi arasındaki perspektif dönüşümün, matematik ifadesi kolinerite (doğrusallık) koşulunda aşağıdaki denklem 4.1'e dayanmaktadır.

Bu eşitlik ideal bir kamera sistemini ifade etmektedir (WEB12 2010, Kropatsch ve ark. 2001, Alyilmaz ve ark. 2010).

$$\begin{bmatrix} x - x_0 \\ y - y_0 \\ -c \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X - X_0 \\ Y - Y_0 \\ Z - Z_0 \end{bmatrix} \tag{4.1}$$

Resim koordinat sisteminin, koordinatların ölçüldüğü makine koordinat sistemine paralel olduğu varsayımı ile dönüşüm açılarına bağlı olarak, dönüşüm matrisi $R_{\kappa\varphi\omega}$'nin matematiksel ifadesi denklem 4.2 ile ifade edilir (Kraus 2007).

$$R_\omega = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\omega & -\sin\omega \\ 0 & \sin\omega & \cos\omega \end{bmatrix} R_\varphi = \begin{bmatrix} \cos\varphi & 0 & \sin\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\varphi & 0 & \cos\varphi \end{bmatrix} R_\kappa = \begin{bmatrix} \cos\kappa & -\sin\kappa & 0 \\ \sin\kappa & \cos\kappa & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_\omega R_\varphi R_\kappa = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\omega & -\sin\omega \\ 0 & \sin\omega & \cos\omega \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\varphi & 0 & \sin\varphi \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\varphi & 0 & \cos\varphi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\kappa & -\sin\kappa & 0 \\ \sin\kappa & \cos\kappa & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{\omega\varphi\kappa} = \begin{bmatrix} \cos\varphi\cos\kappa & \sin\omega\sin\varphi\cos\kappa + \cos\omega\sin\kappa & -\cos\omega\sin\varphi\cos\kappa + \sin\omega\sin\kappa \\ -\cos\varphi\sin\kappa & -\sin\omega\sin\varphi\sin\kappa + \cos\omega\cos\kappa & \cos\omega\sin\varphi\sin\kappa + \sin\omega\cos\kappa \\ \sin\varphi & -\sin\omega\cos\varphi & \cos\omega\cos\varphi \end{bmatrix} \tag{4.2}$$

4.1 nolu denklem ve matrissel ifade açıldığında, Şekil 4.4'de (Fang 1997) gösterilen resim koordinat sistemi ile cisim koordinat sistemi arasındaki ilişki matematiksel olarak denklem 4.3 şeklinde ifade edilir. Bu sistemi, cisim uzay noktası, kamera odağı ve resim görüntü noktasını birleştiren bir doğru ile ifade etmek mümkündür (Göktepe 2005, WEB12 2010, Alyilmaz ve ark. 2010).

$$x - x_0 = -c_x \frac{r_{11}(X - X_0) + r_{12}(Y - Y_0) + r_{13}(Z - Z_0)}{r_{31}(X - X_0) + r_{32}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} \quad \text{ve}$$

$$y - y_0 = -c_y \frac{r_{21}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{23}(Z - Z_0)}{r_{31}(X - X_0) + r_{32}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} \tag{4.3}$$

Burada,

x_o, y_o: asal noktanın resim koordinatları,

x, y: ana noktanın resim koordinatları,

r_{ij}: dönüşüm matrisi elemanları,

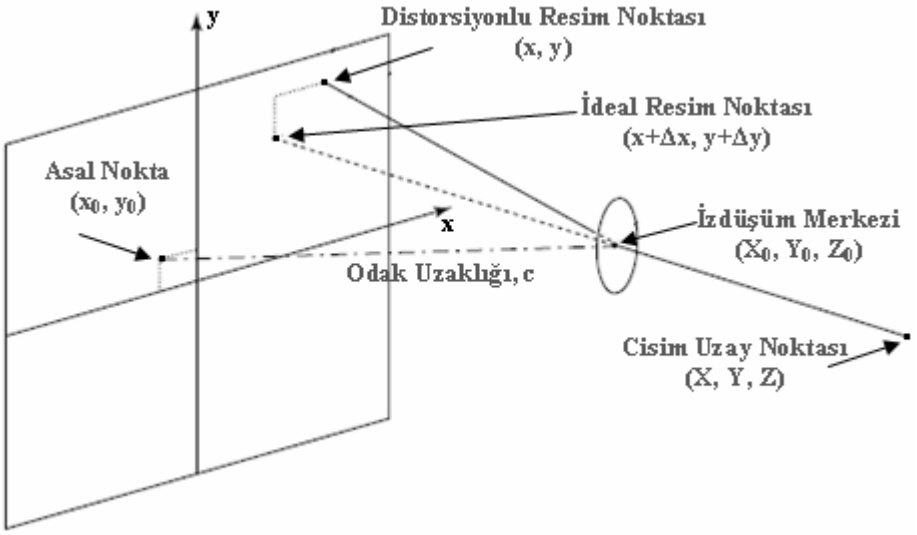
X, Y, Z: noktanın 3 boyutlu cisim koordinatları,

X_0, Y_0, Z_0: kamera izdüşüm merkezi koordinatları,

c_x, c_y: x ve y için dönüşüm faktörü(x ve y yönündeki asal uzaklık),

c : Kamera (sabiti) odak uzaklığı,

λ : Ölçek faktörü,



Şekil 4.4 Distorsiyonlu resim geometrisi

Denklem 4.3 eşitliğinin yeniden düzenlenmesiyle, temel DLT eşitliği distorsiyon göz ardı edilerek, cisim uzay koordinatları (X, Y, Z) ile ona karşılık gelen resim koordinatları (x, y), iki doğrusallık denklemi basit olarak denklem 4.4 şeklinde ifade edilir (Karslı ve ark. 2005, Beşdok ve ark. 2006, Atkinson 1996).

$$x = \frac{L_1X + L_2Y + L_3Z + L_4}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \qquad \text{ve} \qquad y = \frac{L_5X + L_6Y + L_7Z + L_8}{L_9X + L_{10}Y + L_{11}Z + 1} \tag{4.4}$$

Denklem 4.4 eşitliği ideal bir kamera sistemini temsil etmektedir. Bu eşitlikte ifade edilen 11 adet (L_1,L_2,L_3,…,L_{11}) DLT transformasyon parametresinin çözülebilmesi için en az altı adet kontrol noktasına ihtiyaç vardır. Yukarıdaki formüllerde 11 parametre açık bir şekilde yazılırsa (Göktepe 2005),

$$L = -\left(X_0 r_{31} + Y_0 r_{32} + Z_0 r_{33}\right)$$

$$L_1 = \frac{x_0 r_{31} - c_x r_{11}}{L}$$

$$L_2 = \frac{x_0 r_{32} - c_x r_{12}}{L}$$

$$L_3 = \frac{x_0 r_{33} - c_x r_{13}}{L}$$

$$L_4 = \frac{x_0 + c_x \left(r_{11} X_0 + r_{12} Y_0 + r_{13} Z_0 \right)}{L}$$

$$L_5 = \frac{y_0 r_{31} - c_y r_{21}}{L}$$

$$L_6 = \frac{y_0 r_{32} - c_y r_{22}}{L}$$

$$L_7 = \frac{y_0 r_{33} - c_y r_{23}}{L}$$

$$L_8 = \frac{y_0 + c_y \left(r_{21} X_0 + r_{22} Y_0 + r_{23} Z_0 \right)}{L}$$

$$L_9 = \frac{r_{31}}{L}$$

$$L_{10} = \frac{r_{32}}{L}$$

$$L_{11} = \frac{r_{33}}{L} \qquad (4.5)$$

Denklem 4.4 eşitliği 3 boyutlu DLT (Abdel-Aziz ve ark. 1971) eşitliğidir, bunlar cisim uzayı referans düzlemi ile resim düzlemi arasındaki ilişkiyi yansıtırlar (Kraus 2007). Kamera lenslerinin optik distorsiyon hatalarını içermemektedir. Bu hatalar ile görüntü noktası olması gereken noktadan sapar. Şekil 4.4'de sistematik olarak distorsiyonlu bir resim geometrisi gösterilmektedir. Bu hatalar dikkate alınırsa eşitlik aşağıdaki gibi düzenlenir.

$$x + \Delta x = \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \quad \text{ve} \quad y + \Delta y = \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1} \qquad (4.6)$$

Burada Δx ve Δy optik distorsiyon nedeniyle oluşan hatalardır.

Denklem 4.6 lens distorsiyonu dikkate alındığında, simetrik parametreler K_1, K_2 ve K_3 radyal distorsiyonu, asimetrik parametreler P1 ve P2 teğetsel distorsiyonu, affin parametreler A_1 eksenler arasındaki dikliği ve A_2 ise x ekseni yönündeki ölçeği içermektedir. Bütün bunlar dikkate alındığında optik distorsiyona getirilecek düzeltme değerleri denklem 4.7 ile ifade edilir.

$$\Delta x = x'(K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) + P_1(r^2 + 2x'^2) + 2P_2 x' y'$$

$$\Delta y = y'(K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) + 2P_1 x'y' + P_2(r^2 + 2y'^2) + A_1 x' + A_2 y' \qquad (4.7)$$

Burada x' ve y' distorsiyonlu resim noktasının koordinatlarını, r ise distorsiyonlu resim noktasının radial konumunu (çapsal uzaklığı) denklem 4.8 ile ifade edilir.

$$x' = x - x_0 \quad \text{ve} \quad y' = y - y_0 \quad \text{ve} \quad r^2 = x'^2 + y'^2 \qquad (4.8)$$

Resim koordinatları ile cisim uzay koordinatları arasındaki transformasyon serbestlik derecesi, üçü (x_0, y_0, c) iç yöneltme elemanları, üçü (X_0, Y_0, Z_0) dış yöneltme elemanları ve ω, φ, κ ile toplam 9 dur. 11 adet L parametresi için iki adet denklem 4.9 yazılır (Karslı ve ark. 2003, Fang,1997).

$$(L_1^2 + L_2^2 + L_3^2) - (L_5^2 + L_6^2 + L_7^2) + \frac{(L_5L_9 + L_6L_{10} + L_7L_{11})^2 - (L_1L_9 + L_2L_{10} + L_3L_{11})^2}{L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2} = 0$$

$$(L_1L_5 + L_2L_6 + L_3L_7) - \frac{(L_1L_9 + L_2L_{10} + L_3L_{11})(L_5L_9 + L_6L_{10} + L_7L_{11})}{L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2} = 0 \qquad (4.9)$$

Denklemin matematiksel olarak çözüme kavuşturulabilmesi için resim koordinatları ve cisim koordinatları bilinen en az (iki resimden oluşan) 6 adet noktaya ihtiyaç vardır. Kalibre işleminden önce ölçülecek noktaya ait cisim koordinat sistemi ve resme ait koordinat sistemi tanımlanmalıdır. Noktaların obje koordinatları X,Y,Z resim koordinatları x, y ve $L_1, L_2, L_3, \ldots, L_{11}$ kamera kalibrasyon parametreleri olarak adlandırılır. Bunlar cisim uzayı referans düzlemi ile resim düzlemi arasındaki ilişkiyi yansıtırlar ve n adet nokta için normal denklemler A katsayılar matrisi, denklem 4.10 oluşturulur. n adet kontrol noktası için oluşturulan temel DLT eşitliği matrissel formda aşağıdaki gibi yazılır. Bu matriste Δx ve Δy dikkate alınırsa $L_1, L_2, L_3, \ldots, L_{16}$ olacaktır.

$$\begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -x_1X_1 & -x_1Y_1 & -x_1Z_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_1 & Y_1 & Z_1 & 1 & -y_1X_1 & -y_1Y_1 & -y_1Z_1 \\ & & & \vdots & & & & & & \vdots & \\ X_n & Y_n & Z_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -x_nX_n & -x_nY_n & -x_nZ_n \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X_n & Y_n & Z_n & 1 & -y_nX_n & -y_nY_n & -y_nZ_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_1 \\ L_2 \\ \vdots \\ L_{10} \\ L_{11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ \vdots \\ x_n \\ y_n \end{bmatrix} \qquad (4.10)$$

DLT parametreleri en küçük kareler yöntemi ile hesaplanır (Fang 1997, Karslı ve ark. 2003, Göktepe 2005, Taşdemir ve ark. 2009)

$$L = \begin{bmatrix} x_1 \; y_1 \; x_2 \; y_2 \; , \ldots, \; x_n \; y_n \end{bmatrix} \qquad (4.11)$$

$$N = A^T \cdot A \qquad (4.12)$$

$$n = A^T \cdot L \tag{4.13}$$

$$X = N^{-1} \cdot n \tag{4.14}$$

$$X = \left[L_1\ L_2\ L_3\ L_4\ L_5\ L_6\ L_7\ L_8\ L_9\ L_{10}\ L_{11} \right] \tag{4.15}$$

$$V = A \cdot X - L \tag{4.16}$$

$$V = \left[V_{x1}\ V_{y1}\ V_{x2}\ V_{y1}, \ldots, V_{xn}\ V_{y1} \right] \tag{4.17}$$

$$m_0 = \sqrt{\frac{\left[V^t \cdot V \right]}{2.noktasayısı - 11}} \tag{4.18}$$

(4.15) nolu denklemden elde edilen değerler denklem 4.5'e ait 11 adet L parametresine ait sonuçlardır (Fang,1997, Karslı ve ark. 2003, Göktepe 2005).

Kamera iç yöneltme parametreleri, resim asal noktaları, resmin orta nokta koordinatları ve odak uzaklığı (x_o, y_o, c) 11 adet DLT parametresi kullanılarak aşağıda denklem 4.19'daki eşitliklerden elde edilir (Fang,1997, Karslı ve ark. 2003).

$$x_0 = \frac{(L_1 L_9 + L_2 L_{10} + L_3 L_{11})}{(L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2)}$$

$$y_0 = \frac{(L_5 L_9 + L_6 L_{10} + L_7 L_{11})}{(L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2)}$$

$$c_x = \sqrt{\frac{(L_1^2 + L_2^2 + L_3^2)}{(L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2)} - x_0^2}$$

$$c_y = \sqrt{\frac{(L_5^2 + L_6^2 + L_7^2)}{(L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2)} - y_0^2}$$

$$c = \frac{c_x + c_y}{2} \tag{4.19}$$

Kamera dış yöneltme elemanları, kamera pozisyonu ve kamera izdüşüm merkezi koordinatları, yani çekim koordinatları (X_0, Y_0, Z_0) ve açıları (ω, φ, κ) denklem 4.20 ile hesaplanır (Fang,1997, Karslı ve ark. 2003, Göktepe 2005).

$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_1 & L_2 & L_3 \\ L_5 & L_6 & L_7 \\ L_9 & L_{10} & L_{11} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} -L_4 \\ -L_8 \\ -1 \end{bmatrix}$$

$$\omega = \tan^{-1}(-\frac{L_{10}}{L_{11}})$$

$$\varphi = \sin^{-1}\left(-\frac{L_9}{\sqrt{L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2}}\right)$$

$$\kappa = \cos^{-1}\left(\frac{(L_1 - x_0 L_9)}{\left(c.\cos\varphi.\sqrt{L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2}\right)}\right) \tag{4.20}$$

11 DLT (L_1,L_2,L_3,…,L_{11}) ve yedi düzeltme (K_1, K_2, K_3, P_1, P_2, A_1, A_2) parametresi en küçük kareler yöntemi ile iterasyon işlemine tabi tutulursa, çözüm için denklem 4.6, 4.9 ve 4.19 nolu eşitlikler aşağıdaki forma getirilir (Fang,1997, Karslı ve ark. 2003).

$$f = x + \Delta x - \frac{L_1 X + L_2 Y + L_3 Z + L_4}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1}$$

$$g = y + \Delta y - \frac{L_5 X + L_6 Y + L_7 Z + L_8}{L_9 X + L_{10} Y + L_{11} Z + 1}$$

$$c_1 = (L_1^2 + L_2^2 + L_3^2) - (L_5^2 + L_6^2 + L_7^2) + \frac{(L_5 L_9 + L_6 L_{10} + L_7 L_{11})^2 - (L_1 L_9 + L_2 L_{10} + L_3 L_{11})^2}{L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2}$$

$$c_2 = (L_1 L_5 + L_2 L_6 + L_3 L_7) - \frac{(L_1 L_9 + L_2 L_{10} + L_3 L_{11})(L_5 L_9 + L_6 L_{10} + L_7 L_{11})}{L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2}$$

$$c_3 = x_0 - \frac{(L_1 L_9 + L_2 L_{10} + L_3 L_{11})}{(L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2)}$$

$$c_4 = y_0 - \frac{(L_5 L_9 + L_6 L_{10} + L_7 L_{11})}{(L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2)}$$

$$c_5 = c_x - \sqrt{\frac{(L_1^2 + L_2^2 + L_3^2)}{(L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2)} - x_0^2}$$

$$c_6 = c_y - \sqrt{\frac{(L_5^2 + L_6^2 + L_7^2)}{(L_9^2 + L_{10}^2 + L_{11}^2)} - y_0^2} \tag{4.21}$$

Belirtilen denklemler aracılığıyla DLT yöntemi kullanılarak kamera kalibrasyon parametreleri hesaplanmaktadır. Bu işlemler kullanılarak dönüşüm işlemleri gerçekleştirilebilecektir. Dönüşüm işlemi için kalibrasyon parametreleri kullanılarak gerçekleştirilir. Resim üzerindeki herhangi bir piksel değerine karşılık

gelen 3B cisim uzay koordinatları hesaplanmaktadır. Koordinat sistemleri arasında bir dönüşüm yapılabilmesi için, bu sistemlerin belirlenmesi ve birbirlerine göre durumlarının tarif edilmesi gerekir. Denklem 4.3 ve 4.4 ifadesinde belirtilen temel DLT eşitliği kullanılarak, 2B resim düzlemi koordinat değerlerinden 3B cisim uzaya koordinat sistemine geçiş için denklem 4.22 matrissel ifadesi kullanılmıştır. Her bir resmin DLT parametrelerinin ve ilave parametrelerinin hesaplanmasından sonra denklem 4.3 ve 4.4 eşitlikleri kullanılarak yeni noktaların koordinatları hesaplanabilir. Uzayda bir noktanın konumunun hesaplanabilmesi için en az iki (sağdan ve soldan senkronize çekilen) resimden görüntülenmesi gerektiğinden denklem 4.3 ve 4.4 eşitlikleri düzenlenirse,

$$\begin{bmatrix} x_1L_9 - L_1 & x_1L_{10} - L_2 & x_1L_{11} - L_3 \\ y_1L_9 - L_5 & y_1L_{10} - L_6 & y_1L_{11} - L_7 \\ x_2L_9 - L_1 & x_2L_{10} - L_2 & x_2L_{11} - L_3 \\ y_2L_9 - L_5 & y_2L_{10} - L_6 & y_2L_{11} - L_7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 - L_4 \\ y_1 - L_8 \\ x_2 - L_4 \\ y_2 - L_8 \end{bmatrix} \tag{4.22}$$

elde edilir (Beşdok ve ark. 2006).

5. MİKRODENETLEYİCİLER, ÖZELLİKLERİ VE PIC 16F877

Mikrodenetleyiciler ile bilgisayarların temel yapıları oldukça benzemektedir Bir bilgisayar içerisinde bulunması gereken temel bileşenlerden CPU (*Central Processing Unit*), ALU (*Arithmetic Logic Unit*), RAM (*Random Access Memory*), I/O, veriyolları v.b. ünitelerin tek bir entegre içerisinde üretilmiş biçimine mikrodenetleyici denir. Bu haliyle fiziki boyutlarının küçük olmasıyla daha az yer kaplayacak, tek bir chiple elektronik çözümler üretmek daha düşük maliyetli olacak ayrıca programlama kolaylığı da ikinci bir avantaj olacaktır. Ayrıca çalışma hızlarının yüksek olması nedeni ile zamandan kazanç sağlanacaktır. Bilgisayarlara oranla tükettiği güç çok düşüktür. Kullanıldığı yerler bilgisayarlara oranla çok daha fazladır (Altınbaşak 2004, Şahin ve ark. 2006, Turgutlu 2002, Özcan ve ark. 2009).

Mikrodenetleyiciler üretildikleri firmalara bağlı olarak çeşitli kodlarla adlandırılmaktadır. *Microchip Technology Inc*. firması tarafından üretilen mikrodenetleyiciler PIC (*Peripheral Interface Controller*) olarak adlandırılmıştır. PIC ailesi çok geniş olup bu ailede çeşitli özelliklere sahip mikrodenetleyiciler bulunmaktadır. Yazılımın internetten ücretsiz olarak elde edilebilmesi, çok geniş kullanıcı kitlesinin bulunması, çok kolaylıkla ve ucuz olarak elde edilebilmesi, basit elemanları kullanarak yapılan donanımla programlanabilmesi, çok basit reset, clock sinyali ve güç devreleri gerektirmeleri v.b. artılardan dolayı PIC tercih edilmektedir Bütün PIC mikrodenetleyiciler aşağıdaki özelliklere sahiptirler. PIC'de program geliştirebilmek için bir editor, derleyici, donanımsal birimler, gerekirse bir *simulator* ve devre *emulator* programı, derleme sonunda oluşan dosyalar ve oluşturulan programlayıcı yeterli olacaktır (WEB1 2010, Taşdemir ve ark. 2010, WEB2 2010).

5.1 PIC16F877'nin Mimari Yapısı

Tasarım mimarisi olarak mikrodenetleyiciler *Harvard* ve *Von-neuman* olarak adlandırılırlar. PIC 16CXX'de *Harvard* mimarisi kullanılmıştır. *Von-neuman* mimarisinde, veri ve program belleğine aynı yoldan erişilebilirken, *Harvard* mimarisinde program belleği ve veri belleğine erişim farklı yollardan yapılır. PIC 16F877 mikrodenetleyicisinde kullanılan *Harvard* mimarisi ile aynı anda veri belleğine 8 bit genişliğindeki bu yolla erişilebilirken, program belleğine program yolu ya da adres yolu *(program bus/adress bus*) denilen 14 bit genişliğindeki diğer bir yolla erişilebilmektedir. PIC16F877 mikrodenetleyicisi *Harvard* mimarisi ile üretildikleri için komut kümeleri azaltılmış olan *RISC* işlemciler olarak ta adlandırılmaktadırlar. *Von Neuman* mimarisinde ise veri ve program belleğine aynı yoldan erişilebilmektedir (Gökgündüz 2008, WEB2).

Tez çalışmasında Microchip firmasının ürettiği PIC16F877 mikrodenetleyicisi kolay bulunabilmesi, kullanım alanının geniş olması, programlama donanımının çok ucuz ve kullanışlı olması, EEPROM özellik taşıması, hafızasının yüksek ve özellikle port sayısının fazla olması sebebiyle tercih edilmiştir.

PIC 16F87X mikrodenetleyicinin temel özellikleri aşağıdaki Çizelge 5.1'de ayrıntılı olarak görülmektedir.

Çizelge 5.1. PIC 16F877'nin özellikleri

PIC16F877 ÖZELLİKLERİ	
Çalışma Hızı	DC-20MHz
Program Belleği	8 KX14 word Flash ROM
EEPROM Belleği	256 Byte
Kullanıcı RAM	368 X8 Byte
Giriş/Çıkış Port Sayısı	33
Zamanlayıcı	Timer0, Timer1, Timer2
A/D Çevirici	8 Kanal, 10 Bit
Capture/Compare/PWM	16 Bit Capture 16 Bit Compare 10 Bit PWM çözünürlük
Seri çevresel Arayüz	SPI (Master) ve 1^2C (Master/Slave) modunda SPI portu (senkron seri port)
Paralel Slave Port	8 Bit, harici, RD, WR ve CS kontrollü
USART/SCI	9 Bit adresli

Parelel slave port, her capture/compare ve pwm modülü, 16 bitlik yakalama (capture) yazmacı, 16 bitlik karşılaştırma (compare) yazmacı veya 16 bitlik pwm (Darbe genişlik modülasyon) yazmacı olarak kullanılabilmektedir. Master synchronous serial port (MSSP) modülü, diğer çevre birimleri veya mikroişlemcilerle seri iletişimde kullanılmaktadır. Bu çevre birimleri seri EEPROM, kaydırmalı yazmaçlar (shift register), gösterge sürücüleri, A/D çeviriciler vb. olabilmektedir. Usart, yani senkron/asenkron alıcı verici PIC16F877'deki iki seri giriş/çıkış modülünden biridir. Seri iletişim ara yüzü (SCI, serial comm.interface) olarak da bilinen USART, monitör veya PC gibi aygıtlara tam çift yönlü asenkron bağlantıda kullanılmak üzere konfigüre edilebilmektedir. A/D veya D/A arayüzlerine, seri kullanılmak üzere konfigüre edilebilmektedir. USART aşağıdaki gibi konfigüre edilebilmektedir. Paralel slave port, TRISE yazmacının PSPMODE biti 1 yapılarak PORTD 8 bit genişliğinde mikroişlemci portu olarak kullanılabilmektedir. (Yüce 2002).

5.2 PIC 16F876'nın Fiziksel Yapısı ve Bacak Bağlantıları

Yüksek performanslı RISC tipi işlemciye sahip, çalışma hızı 20 MHz, PIC 16F877 toplam 35 komuta sahiptir. 40 bacaklı (pinli) olan bir işlemcinin, 33 pini giriş-çıkış işlemleri, diğer 7 pin PIC'in çalıştırılması için kullanılmaktadır. İşlemcinin 12 ve 31 nolu bacakları toprak, 11 ve 32 numaralı ayaklar üzerinde 5 V DC gerilimle beslenmektedir. 1 numaralı bacak MCLR olarak kullanılmaktadır. Bu uca 0 V geldiğinde program çalışma başlangıç adresine döner. Programın tekrar çalışması için bu uca +5 V gerilim uygulanmalıdır (Akyıldız 2007).

PIC16F877 mikrodenetleyicisinin 33 adet I/O pini vardır. Giriş Çıkış portlarından 6 tanesi A portu (RA0-RA5), 8 tanesi B portu (RB0-RB7), 8 tanesi C portu (RC0-RC7) , 8 tanesi D portu (RD0-RD7) ve 3 tanesi de E portu (RE0-RE2) olarak adlandırılmıştır. TRIS adı verilen data yönlendirme kaydedicisi ile istenilen port veya pin I/O olarak ayarlanabilir. Giriş olarak tanımlanan pinlerden gerilim kaynağından 25 mA akım çekilmekte çıkış olarak tanımlanan pinlerden ise 20 mA akım iletilmektedir. Çıkış için tanımlanan bir pine gerilim girişi yapmak bu pinin

bozulmasına neden olabilir. Bu yüzden işlemlerde kullanılmayan pinleri programda giriş olarak tanımlamak faydalı olmaktadır. Portlara ait pinlerden A ve E portunun pinleri analog veya dijital olarak ayarlanabilmektedir. A ve E portlarının dijital giriş olarak kullanılacak pinleri ADCON1 yazmacı tarafından belirlenir (Ateş 2009).

10 bitlik ve 8 D/A dönüştürücü vardır. A/D modülü 8 bitlik kısmın saklandığı ADRESH, 10 bitlik kısmın saklandığı ADRESL, kontrol yazmacı ADCON0 ve ADCON1 olmak üzere toplam 4 adet kaydediciye sahiptir (Balkaya 2009.).

PIC için 4 farklı osilatör tipinden biri amaca uygun olarak seçilmelidir. Osilatör bağlantı uçları 13 ve 14 dür. Burada osilatör tipi seçilirken programın çalışma hızıyla beraber, kullanılan PIC'in özelliğine yani çalışma frekansına uygun olması gereklidir. Çizelge 5.2'de osilatör tipleri ve özellikleri görülmektedir (Akyıldız 2007).

Çizelge 5.2. Osilatör çeşitleri

Osilatör Tipi	**Tanım**	**Özelliği**	**Frekansı**
LP	Kristal osilatör veya seramik rezonator	Asgari akım	40KHz
XT	Kristal osilatör veya seramik rezonator	Genel amaçlı	4MHZ
HS	Kristal osilatör veya seramik rezonator	Yüksek hız	20MHz
RC	Direnç/Kapasitör zaman sabiti	Düşük maliyet	4MHZ

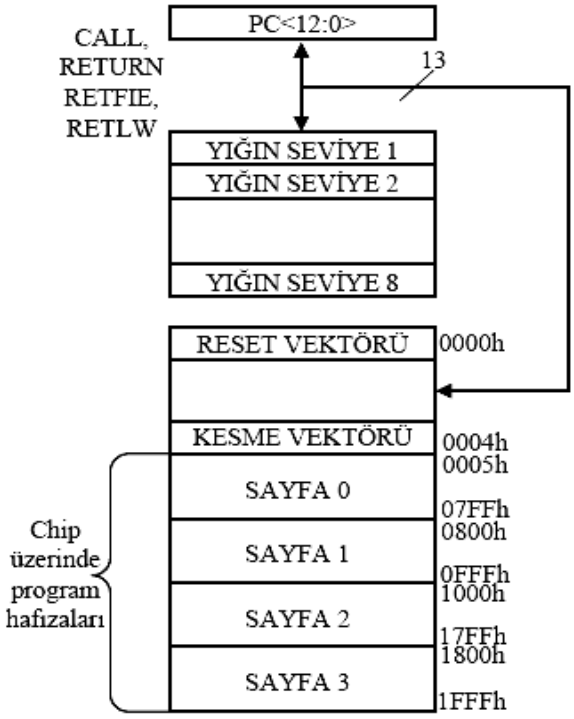
5.3 Bellek Yapısı

PIC16F877 'de üç tane bellek bloğu vardır. Program belleği ve veri belleği ayrı ayrı yollara sahiptir. Bu nedenle iki belleğe de aynı anda giriş mümkün olmaktadır. Veri belleği EEPROM (256 tane 8 bitlik) ve RAM (368 tane 8 bitlik) belleğini içerir.

EEPROM veri belleği 256 byte ve 00h-FFh adres enine sahiptir. Enerji kesilse bile içeriğini korur. RAM belleği PIC16F877 mikrodenetleyicisinde 0x00-0x4F aralığında ayrılmıştır. Bu bellek içerisinde bulunan dosya yazmaçlarındaki veriler ile CPU'nun çalışmasını kontrol eder.

PIC16F877 8Kx14 kelimelik program bellek alanını adreslemek için 13-bit 'lik program sayacına sahiptir. PIC16F877 8Kx14 kelimelik FLASH program belleğine sahiptir. Her bir bellek hücresi içerisinde 14 bit uzunluğunda program komutları saklanır. RESET vektörü 0000h ve kesme vektörü 0004h adreslerindedir.

PIC16F877'nin program bellek haritası ve yığını Şekil 5.1'de gösterilmiştir (Aydoğmuş 2006).



Şekil 5.1 Program bellek haritası

6. İSTATİSTİK VE REGRESYON ANALİZLERİ

Gelecek hakkında tahmini yorumlar yapmak, insanoğlunun en karakteristik özelliklerindendir; fakat iş hayatındaki güvenilir tahminler bunun çok ötesindedir. Bir malın piyasaya sürülmesi için, çok önemli yatırım kararları alınmalı ve ilerideki birkaç yıl için pazar durumu iyi tahmin edilmelidir. Esas olarak, gelecekteki bazı değerlerin tahmini, geçmişteki davranış düzenleri incelenerek elde edilir. Bu sebeple, tahmin edilecek konunun, geçmişteki davranışları hakkında bilgi toparlanırken diğer ilgili değişkenler hakkında da bilgi toplanır. Bu bilgilerin analizi gelecekteki trendi gösterebilir. İstatistik, verilerin toplanıp düzenlenmesi, anlamlı örnek seçimi, sonuçların analizi, tahmin ve karar verme aşamalarından meydana gelmektedir (WEB5 2010).

6.1 İstatistiksel Tanımlar

İstatistik

İstatistik çeşitli olgulara ilişkin verilerin toplanması, sınıflandırılması, özetlenmesi, organize edilmesi, analiz edilmesi ve yorumlanması ile bir sonuca varılması faaliyetlerini kendisine konu edinen veri bilimidir. Görüldüğü üzere ilgilendiğimiz olaylardaki olguların ölçülmesiyle üretilen verinin ham biçimden işlenmiş biçime dönüşmesine kadar geçen süreç istatistik biliminin ilgi alanına girmektedir. Burada dikkat çekeceğimiz bir husus da "ölçme" kavramından ne anlamamız gerektiği ile ilgilidir. İstatistikte ölçme kavramını en geniş anlamıyla algılamamız gerekir.

Ölçme

İstatistik birimin, herhangi bir özelliğine ilişkin değer verme işlemidir. Ölçme sonucu elde edilen değer ise "veri" olarak ya da "değişken değeri" olarak tanımlanır.

Bu veri cm, kg, TL vb. ölçü birimleri ile ifade edilebilen türden olduğu gibi, niteliksel tanımlamaların da bir ölçüm olarak dikkate alınması gerekir.

Deneysel Birim

Hakkında ölçüm yaparak bilgi elde ettiğimiz kişi ya da eşya biçimindeki nesnelerdir. Deneysel birime aynı zamanda gözlem birimi de denir.

Değişken

Bir gözlem biriminden diğerine farklılık gösteren nesne özelliklerine değişken denir.

Yığın

İlgilendiğimiz tüm nesneler ya da bireyler topluluğu yığın olarak tanımlanır. Diğer yandan, ilgilendiğimiz tüm nesne ya da bireylerden bir özelliğe ilişkin elde ettiğimiz ölçüm değerli topluluğu da yığın olarak tanımlanır.

Örnek

Yığından, yığını temsil edecek biçimde seçilen alt birimler kümesidir.

Parametre

Yığından hesaplanan betimsel (grafiksel ve özet bilgi), sayısal ölçümlere parametre denir. Bir istatistiksel çalışmada asıl amaç, yığına ilişkin parametreler hakkında bilgi edinmek suretiyle yığının, ilgilendiğimiz değişkenler bakımından genel karakterini tanımaktır (Bakır ve ark. 2006).

Serpme Grafiği

Sebep sonuç grafiklerinde sonucu etkileyen olası etkenler gösterilir. Bu grafiklerde ilave olarak iki değişken arasındaki ilişkinin hangi yönde ve derecede olduğunu genel hatlarıyla belirleyen ve grafik üzerinde işaretlenmesiyle elde edilen diyagrama verilen addır.

Aritmetik Ortalama

Herhangi bir nicel değişkene ilişkin verilerin toplamının, o yığında (ya da örnekte) bulunan veri sayısına (gözlem birimi sayısı) bölümü ile elde edilen değerdir. Örnek ortalaması $\bar{X}$ ile gösterilir.

6.2 Korelasyon Analizi

Herhangi bir işletme karar problemlerinin bir kısmı tek değişken içerirken, öyle durumlar vardır ki iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkinin bilinmesi gerekir. Örneğin, bir pazarlama yöneticisi satışlarla yapılan reklam harcamaları arasındaki ilişkiyi bilmek isteyebilir. Yine bir yatırım brokeri bir şirketin hisse senedi fiyatları ile şirket tarafından dağıtılan karlar arasındaki ilişkiyi bilmek isteyebilir. İşte bu ve benzeri türden değişkenler arası ilişkiyi irdelemek korelasyon analizinin konusunu oluşturur. Bu analizler korelasyon katsayısı denilen katsayılar vasıtasıyla gerçekleştirilir. İki ya da daha fazla değişken arasındaki doğrusal ilişkinin sayısal ölçümünü ve yönünü veren değere korelasyon katsayısı denir (Bakır ve ark. 2006).

İki değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmede iki temel model vardır;

- Korelasyon modeli
- Regresyon modeli

Korelasyon analizinde iki değişkene arasındaki ilişkinin yönü ve şiddeti hesaplanır. Fakat bu ilişki bir neden-sonuç ilişkisi olmak zorunda değildir. Örneğin, horozların sabah ötmeleriyle, güneşin doğması arasında kusursuz doğrusal pozitif korelasyon ilişki vardır. Ancak bu ilişki güneşin doğuşunu horozların sağladığını göstermez. Regresyon analizi ise, değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisini bulmamıza imkan veren bir analiz yöntemidir. Örneğin yemek yeme ile kilo alma arasındaki ilişki regresyon analizi ile ölçülebilir (WEB6 2010, İnal 1998).

Regresyon modellerinde X ve Y değişkenleri arasındaki ilişki, X değişkeninin mümkün değerleri arasından bilinen bazılarını seçerek, X' in farklı değerlerine karşın Y değişkeninin gözlenen değerleri arasındaki ilişkiye bakılır. Regresyonda Y değişkeni tesadüfi değişkendir ve olasılıklıdır, X ise bilinen sabit değerlere sahiptir. Korelasyon analizinde ise hem X hem de Y değişkeni tesadüfi değişkendir (Bakır ve ark. 2006).

Korelasyon analizinde, bir ana kütleden (yığın) seçilmiş en az iki veya daha fazla örnek grup alınarak, bu gruplar arasındaki etkileşime bir katsayı yardımıyla bakılır. Bu katsayı korelasyon katsayısıdır ve r ile gösterilir. Korelasyon analizinin yapılacağı gruplar (bunlara değişken de diyebiliriz) arasında etkileşime bakılırken, regresyon analizinde olduğu gibi bağımlı değişken veya bağımsız değişken olma

şartı aranmaz. Korelasyonuna bakılacak olan değişken gruplar ikiden fazla olsalar dahi ikili olarak ele alınırlar ve bu ikili değişkenlerin etkileşimi, katsayı yardımıyla yön ve kuvvet olarak tayin edilirler (WEB3 2010).

Korelasyon analizi yaparken, birincil işlem olarak verilerimizin parametrik olup olmadığına ve homojenliğine bakılması gereklidir. Eğer verilerimiz parametrik ise Pearson korelasyon, verileriniz parametrik olma şartlarını taşımıyorsa Spearman korelasyon katsayısı bulunmalıdır.

6.2.1 *Pearson* korelasyon katsayısı

Aralarındaki ilişkinin varlığını ve derecesini ölçmeye çalıştığımız her iki değişkenin de sürekli nicel oransal ölçme düzeyinde ölçülmüş değişkenler olduğu durumda hesaplanır. Verilerin parametrik olması, yani normal dağılış gösterdiği kabul edilen iki değişken arasındaki ilişkinin gücü ve yönünü belirlemek için pearson korelasyon katsayısı (r) hesaplanır.

Pearson korelasyon katsayısı denklem 6.1 aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{[\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2][\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2]}} \qquad (6.1)$$

Korelasyon formülünde sembollerin tanımları şöyledir.

r: Örnek korelasyon katsayısı,

n: Örnek hacmi, örnekteki birimlerin sayısı,

X_i: X değişkeninin i nci değeri,

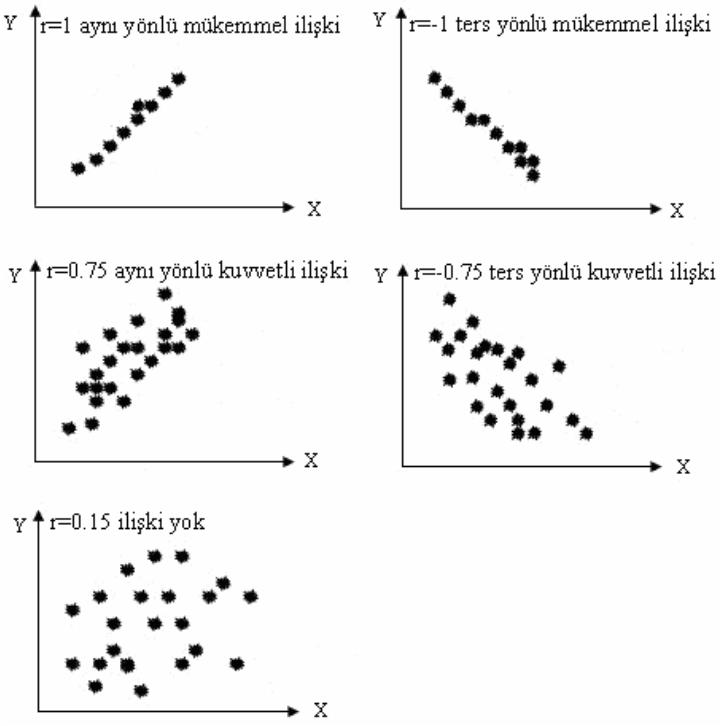
$\bar{X}$: X değişkeninin aritmetik ortalaması,

Y_i :Y değişkeninin i nci değeri,

$\bar{Y}$: Y değişkeninin aritmetik ortalaması,

Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında bir değer alır ($-1 \le r \le +1$). Eğer r =+1 ise, iki değişken arasında mükemmel pozitif ilişki vardır. r =-1 ise, iki değişken arasında mükemmel negatif ilişki vardır. r= 1 ise mükemmel ilişki, $0.5 \le |r| < 1$ ise kuvvetli ilişki vardır. $0 < |r| < 0.5$ ise, zayıf ilişki vardır. r =0 ise iki değişken arasında

ilişki yoktur. Bu ifadeleri anlamlandıran serpme diyagram örnekleri Şekil 6.1'de görülmektedir.



Şekil 6.1 Korelasyon serpme diyagram örnekleri

Korelasyon katsayıları ile ilgili ifadelerin anlamını biraz daha açalım.

Aynı yönlü (pozitif) ilişki: X veya Y değişkenlerinin birinin değeri arttığında diğerinin değerinin de artması veya birinin değeri azalırken diğerinin değerinin azalmasıdır.

Ters yönlü(negatif) ilişki: X veya Y değişkenlerinin birinin değeri arttığında diğerinin değerinin azalması veya birinin değeri azalırken diğerinin değerinin artmasıdır.

İlişki yoktur: X veya Y değişkenlerinin birinin değeri arttığında diğerinin değerinin bazen artması bazen azalması durumudur. Sistematik bir ilişki yoktur.

Aynı yönlü zayıf ilişki: X veya Y değişkenlerinin birinin değeri arttığında diğerinin değerinin artması ama bazen de azalmasıdır veya birinin değeri azalırken diğerinin değerinin de azalması ama bazen de artmasıdır.

Korelasyon katsayısının işareti ilişkinin yönünü, rakam değeri ise ilişkinin gücünü gösterir (Bakır ve ark. 2006).

6.2.2 *Spearman* korelasyon katsayısı

Bazı araştırma ya da deneylerde nesnelerin yapılan ölçmeye göre sıralanması gerekir. Bu şekilde iki değişken de sıralama ölçme düzeyinde oldukları zaman, aralarındaki korelasyonu bulmak için Sperman korelasyon katsayısını hesaplarız. Sperman'ın rho'su olarak ta adlandırılan Sperman sıra korelasyon katsayısını r_s ile göstereceğiz.

Sperman katsayısını hesaplamadan önce her iki değişkene göre veriler sıraya koyulur. Bu sıralama, değişkenlerden birine göre yapılır. Daha sonra korelasyon katsayısı orijinal değişken değerleri kullanılarak değil bu sıra sayıları arasındaki korelasyon hesaplanır.

Sperman'ın sıra korelasyon katsayısını aşağıdaki denklem 6.2 ile hesaplanır.

$$r_s = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n} D_i^2}{n(n^2-1)} \qquad (6.2)$$

$D_i = X_i$'nin sıra değeri-Y_i'nin sıra değeri, n: örnekteki birimlerin sayısıdır.

Denklem 6.2'de D, X ve Y değişkenlerinin, sıralanan karşılıklı değerleri arasındaki farkı tanımlamaktadır (Bakır ve ark. 2006, Tekin 2010).

6.3 Regresyon Analizi

İstatistik'in en fazla kullanım alanı bulan konularından birisini regresyon analizidir. Regresyon analizinin yoğun olarak kullanıldığı alanlar, tıp, veteriner, ziraat, mühendislik, matematik, fen, sosyal bilimler, ekonomi v.b. sayılabilir. Regresyon analizi ile bir olay değerlendirilirken hangi olaylardan etkilendiğinin matematiksel bir fonksiyonla ifade edilerek belirlenmesi gereklidir.

Korelasyon iki tesadüfi değişken arasındaki iki yönlü bir ilişkiyi tanımlamakta ve iki değişken arasındaki ilişkiyi vermektedir. Korelasyon analizinde değişkenlerden hangisindeki değişmelerin diğer değişkende değişim etkisi oluşturma bilgisini elde edememekteyiz. Bir başka deyişle, sebep-etki ilişkisini ortaya koyamamaktayız.

Regresyon analizinde ise korelasyonun aksine tek yönlü bir bağıntıdan bahsederiz. Herhangi bir değişkenin alacağı değer, başka ilgili bir değişkenin (ya da değişkenlerin) alacağı değerlere bağlıdır. Böylece regresyon analizinde sebep-etki durumundan bahsederiz. İlişki iki yönlü değil, tek yönlüdür. Regresyon analizi ile aşağıdaki ifadelere benzer nasıl şeklinde sorulara cevap verebileceğiz.

- Üretilen bir ürünün birim maliyeti, üretilen ürün miktarına nasıl bağımlıdır?
- Bir otelin yıllık doluluk oranı, döviz kuruna nasıl bağımlıdır?
- Hane halklarının kırmızı et tüketimi harcamaları, etin fiyatına, hane halklarının gelirine ve tavuk eti fiyatına nasıl bağımlıdır?
- Hayvanın canlı ağırlığı, cidago yüksekliği, sağrı yüksekliği ve beden uzunluğuna nasıl bağımlıdır?

Regresyon analizi ile cevap verebileceğimiz soruları daha da çoğaltabiliriz.

Regresyon analizini sadece yukarıda verilen örneklerdeki gibi bir kısım değişkenlerin diğerlerini nasıl etkilediğini görmek amacıyla değil, aynı zamanda kestirim amaçlı da kullanabiliriz. Örneğin üretim miktarının herhangi bir değerine karşın, birim üretim maliyetinin ne olacağını, eldeki regresyon fonksiyonunu kullanarak kestirebiliriz (Bakır ve ark. 2006, İnal 1998, Süzenler 2006).

6.4 İstatistiksel Regresyon Modeli (İRM)

Bir regresyon modeli bağımlı ve bağımsız değişkenlerden oluşmaktadır. Bağımsız değişken, bağımlı değişkeni açıklamak için kullanılan tesadüfi olmayan değişkendir. Açıklayıcı değişken ya da kestirim değişkeni olarak ta adlandırılır. Bağımlı değişken ise, kendisindeki değişmeleri açıklamaya çalıştığımız tesadüfi değişkendir. Açıklanan değişken, etki değişken, kestirilen değişken gibi adlarla da anılır.

Basit doğrusal regresyon modelin fonksiyonel biçimi bir yığın için denklem 6.3 şeklinde yazılabilir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \qquad (6.3)$$

Bu modelde;

Y:Bağımlı değişken değeri,

X:Bağımsız değişken değeri,

β_0 :Yığın için Y keseni (sabit terim),

β_1 :Yığın regresyon doğrusunun eğimi,

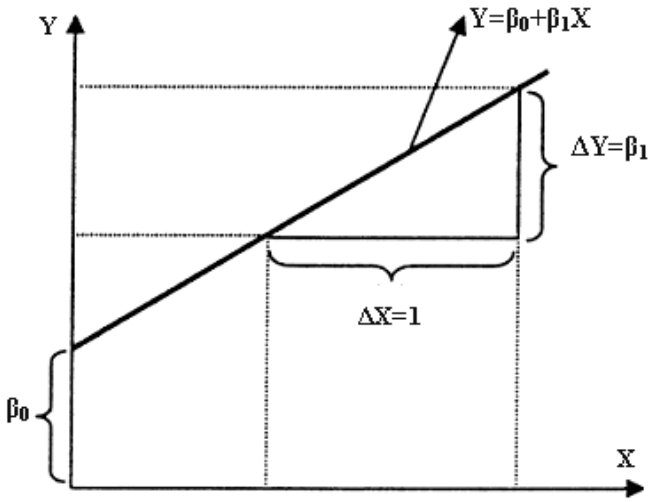
ε :Hata terimi,

Çoklu doğrusal regresyon modeli ise minimum iki bağımsız değişkenli olarak denklem 6.4'deki gibi ifade edilir.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon \qquad (6.4)$$

Regresyon modelinde β_0 ve β_1 yığın regresyon parametreleridir. β_1, bağımsız değişken X'teki bir birim değişmeye karşın, bağımlı değişken Y'deki ortalama değişmeyi verir. Buna marjinal etki katsayısı da denir. β_0 ise, X=0 olduğunda, bağımlı değişken Y'nin ortalama değerini verir. ε ise, bağımlı değişkendeki değişmelerin X ile açıklanamayan kısmını gösteren, X'in dışındaki, Y üzerine az da olsa etkide bulunabilecek diğer bağımsız değişkenlerin ve Y'deki ölçme hatlarının etkisini içinde barındıran hata terimidir (Bakır ve ark. 2006).

Doğrusal korelasyon katsayısının mutlak değerce büyük değerlerinde doğrusal regresyonun da iyi bir uyum gösterdiği görülmektedir. Bir doğrusal regresyonda katsayıların ne anlama geldiği Şekil 6.2'de görsel olarak ifade edilmektedir.



Şekil 6.2 Regresyon katsayıları gösterimi

Regresyon doğrusunun Y eksenini kestiği Y değeri β_0 sabitinin değeridir. Bağımsız değişken X'de ΔX=1 birim değişmenin Y'de meydana getireceği ΔY değişimi ise doğrunun eğimi olan β_1'e eşittir (Bakır ve ark. 2006, Tekin 2010).

En iyi regresyon modelinin belirlenmesinde klasik yöntem olarak, çoklu belirleyicilik katsayısı R^2 veya düzeltilmiş çoklu belirleyicilik katsayısı $R^2_{Düzeltilmiş}$ ve hata kareler ortalaması (MSE) kullanılabilir. En iyi regresyon modelinin belirlenmesinde R^2'si veya $R^2_{düzeltilmiş}$'si yüksek, MSE'ı düşük olan ve az sayıda açıklayıcı değişken içeren model tercih edilir (İyi 2006).

6.4.1 Regresyon katsayılarının tahmini

Denklem 6.3 yığın regresyon modeli için ifade edilmişti. Böyle bir regresyon denkleminde amaç açıklayıcı değişken X ile açıklanan değişken Y arasındaki bağıntıyı tanımlayan modelin regresyon katsayıları olan β_0 ve β_1 'i elde etmektir. Bununla beraber, birçok durumda yığın verisine sahip olamayacağımızdan yığın regresyon katsayılarını elde etmek mümkün olmaz. Bu nedenle örnek verisine dayanarak β_0 ve β_1 parametrelerini tahmin ederiz. Böylece denklem 6.3 modelinin tanımladığı ilişkinin aşağıda denklem 6.5 ile verilen tahmin modelini elde ederiz.

$$\hat{Y} = b_0 + b_1 X \qquad (6.5)$$

Bu tahmin modelinde;

$\hat{Y}$: Tahmin edilen Y değeri,

X: Bağımsız değişken değeri,

b_0 :Sabit terim β_0'ın örnekten tahmin edilen değeri,

b_1 :Yığın regresyon doğrusunun eğimi β_1'in örnekten tahmin edilen değeri,

i adet örneklem için bağımlı Y değişkeni ile s adet bağımsız değişken X_1, X_2,…,X_s arasındaki çoklu doğrusal regresyon modeli denklem 6.6 ve matrissel formda denklem 6.7 aşağıdaki gibidir.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + ... + \beta_s X_{is} + \varepsilon_i \qquad i = 1, 2, ..., n \qquad (6.6)$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1s} \\ 1 & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2s} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{is} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_s \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_i \end{bmatrix} \quad (6.7)$$

(Bakın 2007, İyi 2006)

Denklem 6.6 kapalı biçimde denklem 6.8'deki gibi ifade edilebilir.

$$y_s = \beta_0 + \sum_{j=1}^{s} \beta_j X_{ij} + \varepsilon_i \qquad i = 1,2,...,n \quad ve \quad j = 1,2,...,s \quad (6.8)$$

Olarak ifade edebiliriz (İyi 2006, Yüksek 2007,).

Burada; β_0, β_1, β_2,…,βs bilinmeyenlerin kısmi regresyon katsayıları ya da kısaca regresyon katsayıları denir. Örneklemeye ilişkin regresyon denklemi 6.9;

$$y_i = b_0 + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + ... + b_s x_{is} + e_i \quad (6.9)$$

ile verilirken, beklenen regresyon denklemi 6.10;

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_{i1} + b_2 x_{i2} + ... + b_s x_{is} \quad (6.10)$$

ile verilir.

Hata terimi, $e_i = y_i - \hat{y}_i$'den hesaplanır. Hata terimi e_i'ler çoğunlukla modelin yeterliliğini değerlendirmekte kullanılır.

Şimdiki aşama tahmin işleminin yapılması aşamasıdır. β_0 ve β_1 parametrelerinin tahmin edicileri olan b_0 ve b_1 katsayı tahminlerini elde etmek için en küçük kareler (EKK) yöntemini kullanabiliriz (Biçkici 2006).

6.4.2 En küçük kareler yöntemi

Bir regresyon analizinde örnek verilere en iyi uyabilecek şekilde bir doğrunun denkleminin tahmin edilmesi gereklidir. En iyi uyan doğruyu tanımlayabilmenin yollarından birisi bu doğru ile gözlenen değer Y arasındaki farkları en küçük yapmaktır.

Regresyon analizi yaparken en çok kullanılan yöntemlerden biri EKK yöntemidir. Matematikçi C. F. Gauss'un 18 yaşındayken (1795) geliştirdiği bu yöntem, ilk kez 1801 de Cres astroidinin yörüngesinin belirlenmesinde kullanılmış ve ilk kez Gauss'un toplu eserlerinin yayınlandığı ciltlerden ikincisinde 1809 yılında

yayınlanmıştır. Fransız matematikçi A. Legendre 1805 ve Amerikalı matematikçi R. Adrain de 1808 yıllarında aynı yöntemi Gauss'dan habersiz ve bağımsız olarak keşfetmişlerdir. EKK yöntemi değişik bilim dallarında çeşitli değişkenler arasındaki ilişkiler belirlenirken kullanılan en önemli araçlar arasındadır. Bir veri tablosuna en iyi uyan doğrusal fonksiyonun grafiği olan doğruya regresyon doğrusu veya EKK doğrusu denir (WEB4 2010).

EKK yöntemini ifade eden en belirleyici parametre tahmin hatası veya artık diye adlandırdığımız terimdir.

Bir regresyon denklemi için artık, gözlenen Y değerleri ile tahmin edilen regresyon doğrusu $\hat{Y} = b_0 + b_1 X$ 'i kullanarak tahmin edilen $Y - \hat{Y}$ arasındaki farktır. Genellikle e simgesi ile gösterilir.

EKK yöntemi, bu artıkların karelerini en küçükleyecek şekilde bir tahmin modeli elde etmeye çalışır. Hata kareler toplamını (HKT) aşağıdaki denklem 6.11 gibi yazabiliriz.

e=(Y- $\hat{Y}$) olmak üzere

$$HKT = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \qquad (6.11)$$

$$HKT = \sum_{i=1}^{n} e_i^2 \qquad (6.12)$$

Yukarıdaki eşitlikle:

Y_i =Açıklanan değişkenin i'nci gözleminin değeri,

$\hat{Y}_i$ =Açıklanan değişkenin i'nci gözleminin tahmin edilen değeri,

e_i =i'nci gözlem değeri ile onun tahmin edilen değeri arasındaki fark; artık

Gözlem değerleri arasından, HKT'nı en küçükleyecek biçimde geçen doğrunun tahmini, parametre tahminlerini veren aşağıdaki denklem 6.13 ve 6.14 yoluyla elde edilir.

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \bar{X})^2} \qquad (6.13)$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X} \qquad (6.14)$$

Formüllerde;

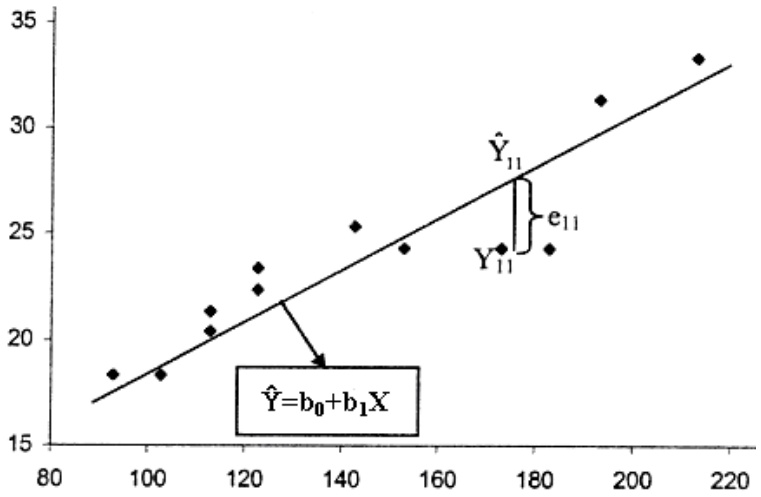
$\overline{Y}$:açıklanan değişkenin aritmetik ortalaması,

$\overline{X}$:açıklayıcı değişkenin aritmetik ortalaması,

b_1 :Regresyon tahmin denkleminin (doğrusunun) eğim katsayısı,

b_0 :Regresyon tahmin denkleminin (doğrusunun) sabit katsayısı

Bu formüllerle tahmin edilen $\hat{Y} = b_0 + b_1 X$ doğrusu takip edilen bir örnek problem için çizdiğimiz grafikteki gibi gözlem değerlerinin arasından HKT'yi en küçük yapacak biçimde geçen doğrudur. Grafik üzerinde i=11'ncı gözlem için $e_{11} = Y_{11} - \hat{Y}_{11}$ biçiminde tanımlanan artık gösterilmiştir (Şekil 6.3). Her bir gözlem için artıklar benzer biçiminde tanımlanır (Bakır ve ark. 2006).



Şekil 6.3 Doğrusal serpme grafiği

6.4.3 Belirleme katsayısı

Tahmin edilen regresyon doğrusunun gözlemler kümesinin eğilimini ne derece temsil edebildiğinin bir ölçüsünü ortaya koymak gerekir. Bir başka deyişle bu regresyon doğrusunun fonksiyonu, gözlemlere ne kadar uymaktır. Bu bilgiyi elde etmeye yarayan katsayı, belirleme katsayısı olarak adlandırılır.

Bağımlı değişkendeki toplam değişkenliğe, bu değişkenliğin bağımsız değişken tarafından açıklanan kısmının oranına belirleme katsayısı denir. Bu katsayı yığın için R^2, örnek için ise r^2 simgeleriyle gösterilir. Korelasyon katsayısının karesidir.

r^2'yi açıklamak için, bağımlı değişkendeki değişkenliğe ve bunun kaynaklarına bakalım. Bağımlı değişken Y'deki toplam değişkenlik iki kısım halinde yazılabilir.

Toplam değişkenlik=Açıklanabilen değişkenlik+açıklanamayan değişkenlik

Bağımlı değişkendeki bu toplam değişkenliğin ölçüsü toplam kareler toplamı (TKT) diye adlandırdığımız bir ölçüdür. TKT bağımlı değişken Y değerlerinin, ortalaması $\overline{Y}$ etrafındaki değişkenliğini tanımlar.

TKT, bağımlı değişken Y'nin gözlenen değerleri ile ortalaması $\overline{Y}$ arasındaki fark karelerinin toplamıdır ve denklem 6.15'de ifade edilmiştir.

$$TKT = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y})^2 \tag{6.15}$$

Bu toplam değişkenliğin bir kısmı Y ve X arasındaki ilişkiye dayanarak, bağımsız değişken tarafından açıklanabilmektedir. Toplam değişkenliğin bu açıklanabilen kısmı, açıklanan kareler toplamı (ACKT) olarak adlandırılır.

ACKT, Bağımlı değişken Y'nin, tahmin edilen regresyon fonksiyonu kullanılarak tahmin edilen değerleri $\hat{Y}_i$ ile bağımlı değişken Y'nin ortalaması $\overline{Y}$ arasındaki fark kareler toplamı açıklanan kareler toplamı olarak denklem 6.16 gösterilmiştir.

$$ACKT = \sum_{i=1}^{n} (\hat{Y}_i - \overline{Y})^2 \tag{6.16}$$

Bağımlı değişken Y'nin gözlenen değerleri ile tahmin edilen değerleri arasındaki fark kareler toplamı açıklanamayan kareler toplamıdır. Hata kareler toplamı (HKT) olarak ta adlandırılır ve denklem 6.17 ile açıklanır.

$$HKT = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \tag{6.17}$$

Böylece, toplam değişkenliği matematiksel denklem 6.18 gibi yazarız.

$$\underbrace{\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \overline{Y})^2}_{\text{TKT}} = \underbrace{\sum_{i=1}^{n} (\hat{Y}_i - \overline{Y})^2}_{\text{ACKT}} + \underbrace{\sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y}_i)^2}_{\text{HKT}} \tag{6.18}$$

Buradan hareketle belirleme katsayısını açıklanabilen kareler toplamının, toplam kareler toplamına oranı biçiminde denklem 6.19 gibi yazılır (Bakır ve ark. 2006).

$$r^2 = \frac{\text{açıklanabilen kareler toplamı}}{\text{toplam kareler toplamı}}$$

$$r^2 = \frac{ACKT}{TKT} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^{n}(Y_i - \bar{Y})^2} \tag{6.19}$$

(Yüksek 2007)

Böylece r^2 (veya R^2), Y'nin bağımsız değişken X tarafından açıklanabilen oranını ölçer.

R^2, 0 ile 1 arasında değer alır ve aldığı değerler bakımından şöyle yorumlanır.

R^2, 1 değerine yaklaştıkça Y'deki değişmelerin büyük kısmı X'teki değişmeler tarafından açıklanmaktadır. Bir başka deyişle uydurulan doğrusal regresyon fonksiyonu verilerin eğilimini iyi bir biçimde temsil etmektedir.

r^2 (veya R^2) , 0 değerine yaklaştıkça Y'deki değişmelerin büyük kısmı X'teki değişmeler tarafından açıklanamamaktadır. Bir başka deyişle uydurulan doğrusal regresyon fonksiyonu verilerin eğilimini iyi bir biçimde temsil etmemektedir (Bakır ve ark. 2006).

7. YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİ VE UYGULAMALARI

Yapay zeka (YZ), insanın düşünme yeteneği ve beynin çalışma modelini veya doğanın biyolojik seçim metodunu taklit ederek bilgisayar ve makine tarafından modellemeye çalışan yöntemler olarak tarif edilebilir. Bu amaçla YZ, insanın zekasını taklit ederek, belli bir ölçüde bilgisayarlara öğrenme yeteneği kazandırabilmektedir. Uzman sistemler, bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar yapay zeka tekniklerinin en fazla kullanım alanı bulanlarındandır (Sarıtaş 2008, Russell ve ark. 1995, Haykin 1998).

Uzman sistemler, bir uzmanın görüşü veya tecrübesinden yola çıkarak oluşturulan kural tabanlı bir yapıya sahiptir. Oluşturulan bu kurallardan, neden-sonuç ilişkisine bağlı kalarak bir mantıksal işlemler sonucunda bir çıkarım yapılır.

Bulanık mantık da bir kural tabanlı sistemdir. Fakat burada, nasıl bir insan günlük hayatta nitelendirmeleri kesin olarak yapamıyorsa, uzman sistemlerden farklı olarak nitelendirmeler kesin değildir. Bulanık mantığın en güçlü tarafı var olan bir uzman bilgisinin kullanılmasıdır. Bu durum uzman bilgisinin tam olarak elde edilemediği durumlarda ise büyük bir dezavantaj oluşturur.
(Gülbağ 2006)

Son yıllarda YZ teknikleri, pek çok problemin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılmış ve klasik programlamaya alternatif olmuştur. Başlangıçta çok farklı amaçlar (Tıp alanında hastalık teşhisi; uydu fotoğraflarının okunması ve belirlenmesi, strateji belirleme gibi askeri amaçlı uygulamalarda, kontrol problemlerinde, endüstriyel uygulamalarda) için geliştirilen bu teknik günümüzde hemen her disiplinde kullanılır olmuştur. (Sarıtaş 2008, Allahverdi 2002, Haykin 1998).

7.1 Bulanık Mantık

Bulanık Mantık (BM), temelini "doğru" ve "yanlış" değerlerin belirlendiği günlük kullandığımız ifadelerden alan, Bulanık Küme Kuramı (*Fuzzy Set Theory*) oluşturur. BM klasik mantıktaki 0 ve 1 değerleriyle yetinmeyip, bunların ara değerlerini de (0 ile 1 arasındaki değerler) kullanarak; bir uzaklığın yalnızca yakın yada uzak olduğunu belirtmekle kalmayıp ne kadar yakın yada ne kadar uzak olduğunu da söyler. Bu tür hayattaki kesin olmayan, yani kesin ifadelerinin arasında kalan "az soğuk" veya "soğuğa yakın" şeklindeki belirsizlikleri de matematiksel olarak ifade etmeye yönelik bir teoridir (Sarıtaş 2008).

Sayısal değişkenleri değil dilsel değişkenleri kullanmak bu değişkenlerin daha somut olması ile ilgilidir. Örneğin; "Ahmet uzun boyludur" ifadesi "Ahmet' in boyu 1m 85cm'dir" ifadesinden daha az somuttur. Bu durumda uzun kelimesi boy uzunluğu değişkenin bir dilsel değeri olarak ele alınabilir. Başka bir örnekte, "Ahmet gençtir" ve "Ahmet' in yaşı 25'tir" ifadelerinde gençtir dilsel değerdir. Bu değer ikinci ifadedeki 25 sayısı ile aynı rolü oynamaktadır. Aynı şeyleri çok genç, genç olmayan, çok çok genç, çok da genç olmayan vs. dilsel değerleri hakkında da söylenebilir. Bu durum da bu dilsel değerlerin de arkasında net olmayan bir sayısal değer mevcuttur (Sarıtaş 2008, Şen 2001).

Bu teorinin ilk sahibi ve hesaplamaların yapılabileceği ilk defa 1965 yılında Azeri kökenli ABD'li bilim adamı Lotfi Ali Asker-Zadeh dir. "Bulanık Kümeler" olarak adlanan bu makalede o, matematiğin, dil ve insan zekasını ilişkilendirebileceğini göstermiş ve bunun için bulanık kümeler teorisini teklif etmiştir. Zadeh birçok kavramın dilsel olarak geleneksel matematiğe göre daha iyi belirlenebildiğini ve bulanık mantığın ve onun bulanık kümelerdeki ifadelerinin gerçek hayatın daha iyi modelini oluşturduğunu göstermiştir. Doğal dildeki belirsizliği modellemek için ortaya koymuştur (Şen 2004, Zadeh 1965)

Bulanık mantık teorisini ilk defa 1972 yılında İngiltere'de Ebrahim Mamdani, bir buhar makinesi için kontroller tasarlayarak kullandı. Bundan sonra Danimarka'da çimento sanayisindeki uygulama bu yöntemin avantajlarını gösterdi. Bundan sonra bulanık mantığın en çok uygulandığı ülke Japonya oldu. Japon bilim adamları ve mühendisleri bulanık mantığı metroda, otomatik tren kontrolü, hisse senedi portföyü,

asansör vs. birçok alanda kullanmışlar ve bundan büyük ekonomik kazançlar elde etmişler. Bugün Japonya' da bulanık mantık kullanılmayan beyaz eşya çeşidi yoktur (Allahverdi 2010).

Ayrıca, BM, matematiksel olarak ifade edilemeyen, sadece girdi-çıktı ilişkisi bilinen fonksiyonların çözümünde de kullanılır. BM, dilsel terimler olarak ifade edilen girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi kullanarak matematiksel denklemi bilinmeyen herhangi bir fonksiyonun özelliklerine yakın özellikler gösteren bir model oluşturulmasına imkan vermektedir. Bu anlamda BM, modelden bağımsız, belirli bir yapısı olan ve fonksiyon yakınsamada kullanılan önemli bir araçtır (Elmas 2003).

7.1.1 Bulanık küme

G Elemanları x olan bir X evrensel (*universal*) küme düşünelim. Bu elemanların A⊂X alt kümesine aitliği, yani bu altkümelerin elemanı olup olmadığı X' in {0,1}'de olan "karakteristik fonksiyonu" olarak belirlenir ve aşağıda denklem 7.1 şeklinde gösterilir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & eger \quad x \in A \\ 0, & eger \quad x \notin A \end{cases} \text{ dir.} \qquad (7.1)$$

Karakteristik fonksiyon, *X*'in elemanlarını {0,1} kümesine dönüştürür. Bu dönüşüm *X*'in her elemanı için bir sıralı ikili kümesiyle ifade edilebilir. "*0"* değeri kümeye ait olmamayı, "*1"* değeri ise kümeye aitliği gösterir.

$$\mu_A : X \to \{0,1\}, \qquad x \varepsilon A$$

şeklindeki bir önermenin doğruluğu $(x, \mu_A(x))$ sıralı ikisiyle belirlenir. Eğer sıralı ikilinin ikinci elemanı 1 ise önerme doğru, eğer bu değer 0 ise önerme yanlıştır.

İki değerli mantıkla iki mutlak sonucu "0" ve "1" olarak, BM'de sonuçları [0.0, 1.0] aralığında tanımlayabiliriz. Bu değerlere "üyelik derecesi*"* denir. "0" mutlak "yanlışlığı", "1" ise mutlak "doğruluğu" gösterir. Bu üyelik derecesi belirsizliği tanımlamaya çalışan bir fonksiyonla ölçülebilir. Bu fonksiyon bir A Bulunak kümesinin elamanlarını [0,1] aralığındaki reel bir değere dönüştürür ve aşağıdaki şekilde gösterilir (Kramer ve ark. 2009, Cavero ve ark. 2006, Yalçın ve ark. 2007)

$\mu_A(x) \in [0,1]$

Bu teoride nesnelerin bir kümeye ne kadar ait olduğu derecelendirilmiştir. Kümeye ait üyelik dereceleri ile verilir.

Öğeler bulanık kümeye kısmi derecede aittir. Klasik kümelerdeki karakteristik fonksiyon, μ_A: $E \rightarrow \{0,1\}$, bulanık kümelerde yerini, μ_A: $E \rightarrow [0,1]$ olarak gösterilen üyelik fonksiyonuna bırakır.

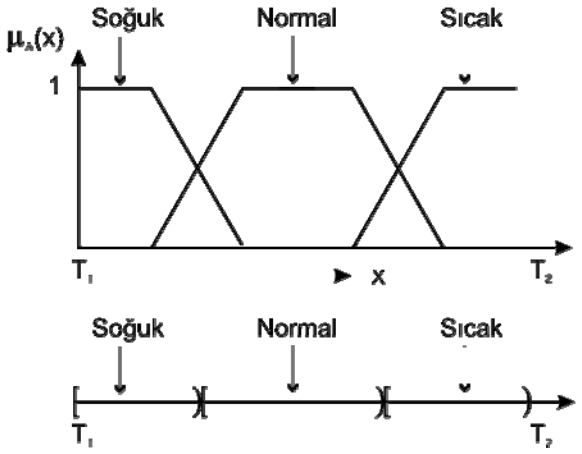
Genel olarak küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren eğriye üyelik fonksiyonu denir. *X* ekseni üyeleri gösterirken, *y* ekseni üyelik derecelerini gösterir. A bulanık küme, μ_A(x) de üyelik derecesi olmak üzere $A=\{\mu_A(x),\ x)\}$ olarak yazılabilir. A bulanık kümesi sembolik olarak aşağıdaki denklem 7.2 gibi gösterilir.

$$A = \{\mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + ...\} = \{\sum \mu_A(x_i)/x_i\} \qquad i = (1,2,3,...) \tag{7.2}$$

(Sarıtaş 2008, Nguyen ve ark. 1996, Nguyen ve ark. 2003, Wang 1997).

7.1.2 Üyelik fonksiyonu

$[T_1,T_2]$ aralığında sıcaklığın sunumu bulanık ve klasik kümeler kullanılarak Şekil 7.1'de gösterilmiştir. İlk durumda $[T_1,T_2] \rightarrow [0,1]$ üyelik fonksiyonları "soğuk", "normal" "sıcak" dilsel değerler olarak tanımlanıyor. İkinci durumda ise aralıklar klasik küme tarafından değişkenleri tanımlamada kullanılmaktadır (Sarıtaş 2008, Şen 2004).



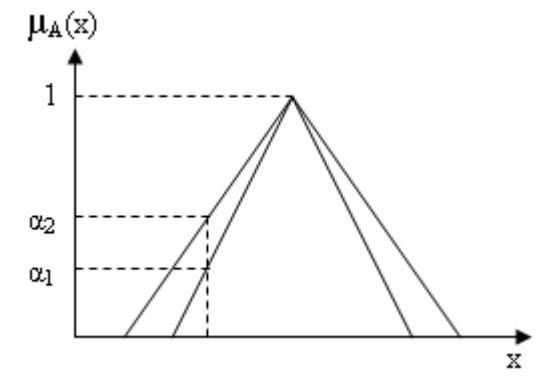
Şekil 7.1 Sıcak, normal ve soğuk dilsel ifadelerinin üyelik fonksiyonu

Eğer *A* bulanık kümesinin üyelik derecesi her bir *X* değerine karşılık gerçek sayı aralığına karşılık geliyorsa bu tür bulanık kümelere aralık-değerli bulanık kümeler denir (Denklem 7.3).

μ_A:$X \rightarrow \varepsilon$ [0,1] olmak üzere

$$a = \mu_A(x_1^{a_1}, x_1^{a_2}) / x_1 + \cdots + \mu_A(x_n^{a_1}, x_n^{a_2}) / x_n \qquad (7.3)$$

aralık değerli A Bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu Şekil 7.2'deki gibidir.



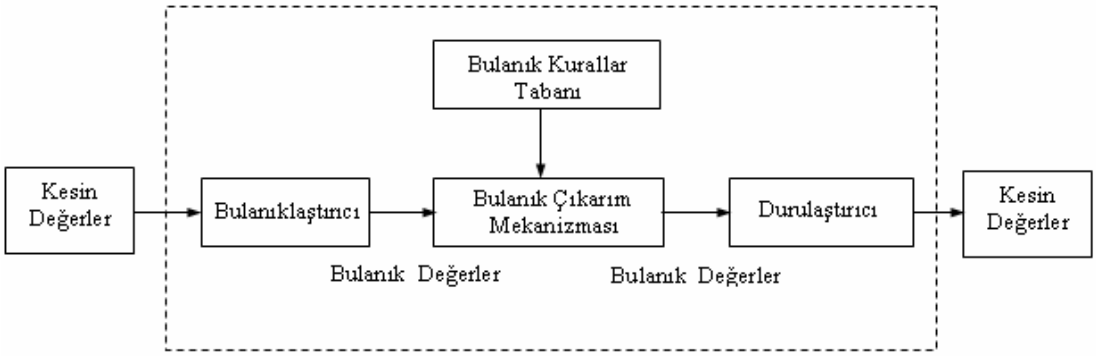
Şekil 7.2 Aralık değerli üyelik fonksiyonu

7.2 Bulanık Kural Tabanlı (BKT) Sistemler

Bulanık Kontrol ve BM teorisinin en etkin uygulama alanı kontrol sistemleridir. Geleneksel kontrol sistemleri bulanık teorinin yardımıyla bulanık kontrol sistemlerine dönüştürülebilir ve böyle sistemlerin uygulanması birçok avantajlar elde etmeğe olanak verir. Genelde, bulanık sistemler bilgiye dayalı veya kurala dayalı sistemlerdir. Yani bir bulanık sistemin temelinde "Eğer O halde" kuralları durmaktadır.

Bir bulanık sistem tasarlanmasına karar verildikten sonra ilk yapılacak iş "eğer o-halde" kurallar toplusunu elde etmektir. Bu kurallar çoğu zaman uzmandan yararlanılarak toplanılır. Uzman bilgisinden ve tecrübesinden yararlanarak zeki bir sistem oluşturulur. Bunun için birçok tasarım metodu vardır ve geliştirilmeye devam edilmektedir. Giriş ve çıkış değerleri dilsel olarak kullanılan, yani girişteki kesin değerleri bulanık değerlere dönüştüren bulanıklaştırıcı (f*uzzification*) ve çıkıştaki

bulanık değerleri kesin değerlere dönüştüren durulaştırıcı (d*efuzzification*), bulanık kurallar (*fuzzy rule-base*) ve çıkarım mekanizması (*inference mechanism*), bulanık mantık kullanılarak geliştirilen bulanık uzman sistem(BUS)mekanizması Şekil 7.3'te gösterilmektedir (Brown-Brandl ve ark. 2005, Şen 2004, Allahverdi 2002, Wang 1997).



Şekil 7.3 Bulanık uzman sistem (BUS) yapısı

Bulanık Uzman Sistem'in ifadesi Çizelge 7.1 şekline dönüştürülebilir.

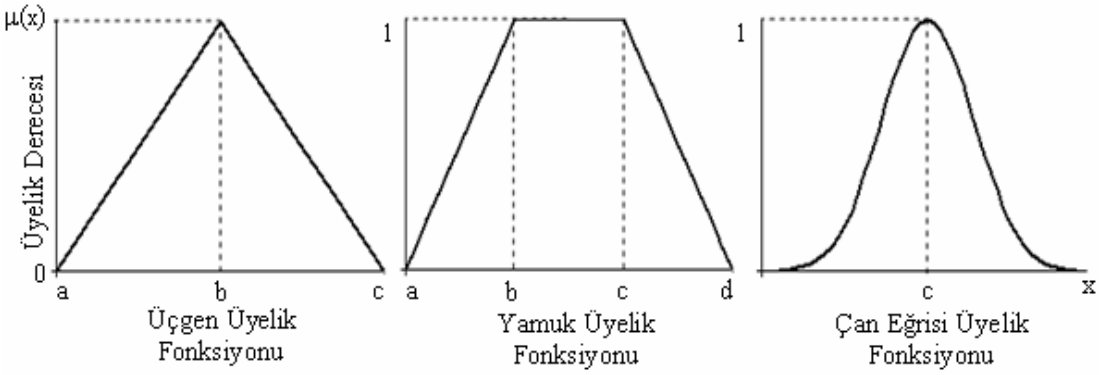
Çizelge 7.1. Bulanıklaştırıcılı ve durulaştırıcılı bulanık sistem tablosu

Bulanıklaştırıcılı ve Durulaştırıcılı Bulanık Sistem					
Kesin Girişler	**Bulanıklaştırma**	**Kurallar Tabanı**	**Çıkarım Mekanizması**	**Durulaştırıcı**	**Kesin Çıkışlar**
Kesin girişler bir dosya veya porttan okunur.Girişler işaretli yada işaretsiz sayısal değerler olabilir.	Kesin değerler bulanıklaştırılır ve her bir terimdeki her bir girişin üyelik dereceleri hesaplanır.	Veri tabanındaki girişleri çıkış değişkenlerine bağlayan mantıksal kurallardan oluşmaktadır.	Her bir kuralın çıkarımlarını bir araya toplayarak tüm sistemin girdiler altında nasıl bir çıktı vereceğini belirler.	Çıkarım mekanizması sonucunda bulanık olarak gelen çıktıların kesinleştirilmesi işlemi için kullanılır.	Bilgi ve bulanık kural tabanlarının çıkarım mekanizması vasıtasıyla elde edilen kesin çıktılar.

7.2.1 Bulanıklaştırıcı

Sistemden alınan kesin giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir. Üyelik işlevinden faydalanılarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık kümeleri ve üyelik derecesini tespit edip, girilen sayısal değere küçük, en küçük gibi dilsel değişken değerler atar. Üyelik fonksiyonları çözülecek probleme göre farklılık arz edebilir. Genel olarak literatürde *üçgen, yamuk* ve *çan*

eğrisi (Şekil 7.4) üyelik fonksiyonları bulanıklaştırma metodu olarak kullanılmaktadır (Sarıtaş 2008, Dincer ve ark. 2008, Elmas 2003, Şentürk 2006).



Şekil 7.4 Üyelik fonksiyon biçimleri

A kümesi için üyelik derecelerini ifade eden denklemler sırasıyla (denklem 7.4, denklem 7.5, denklem 7.6) aşağıdadır.

Üçgen üyelik fonksiyonu;

$$\mu_A(x) = \mu_A(x;a,b,c) = \begin{cases} (x-a)/(b-a) & eğer \quad a \le x < b \\ (c-x)/(c-b) & eğer \quad b \le x \le c \\ 0 & eğer \quad x > c \ veya \ x < a \end{cases} \tag{7.4}$$

Yamuk üyelik fonksiyonu;

$$\mu_A(x) = \mu_A(x;a,b,c,d) = \begin{cases} (x-a)/(b-a) & eğer \quad a \le x < b \\ 1 & eğer \quad b \le x < c \\ (d-x)/(d-c) & eğer \quad c < x \le b \\ 0 & eğer \quad x > d \ veya \ x < a \end{cases} \tag{7.5}$$

Çan eğrisi üyelik fonksiyonu;

$$\mu_A(x) = e^{-a(x-c)^2} \qquad a > 0,\ c \in A \tag{7.6}$$

7.2.2 Bulanık kurallar tabanı

Bulanık bir sistem bir uzman yardımıyla oluşturulan, içerisinde birçok kuralı içeren bir bulanık kural tabanına sahiptir. Bir bulanık kural, bulanık "*Eğer O halde*" kuralıdır. Örneğin, "Eğer oda sıcaklığı T≥20^0C ise, o halde oda sıcaklığı büyüktür" kuralı kesin;

"Eğer oda sıcaklığı T>40^0C ise, o halde klima ayarını artır" kuralı bulanıktır. Görüldüğü gibi *büyük*tür ve *artır* değerleri bulanıktır ve uygun üyelik dereceleri ile belirlenirler. Aynı süreci temsil eden bulanık kurallar toplusu bulanık kurallar tabanını (f*uzzy rule-base*) oluşturur. Bir bulanık kurallar tabanında birbirine bağlı olan kurallar mevcuttur ve böyle bağlılık sistemin girişine verilen gerçeklerden yola çıkarak bir sonuca varmaya imkan vermektedir (Wang 1997, Sarıtaş 2008).

A_i^l *ve* B^l uygun olarak x_i ve y'nin aldıkları bulanık değerlerdir M tane bulanık kural ve

$A_i^l \subset U_i$, $B^l \subset V$, $x = (x_1, x_2, ..., x_n)^T \in U$, $y \in V$ olduğunu varsayarak bir bulanık kuralın genel yapısını aşağıda denklem 7.7 gibi belirleyebiliriz.

Ku^l Eğer x_1 A_1^l *ve*....*ve* x_n A_n^l ise O halde y B^l'dir. (7.7)

Burada *l*=1,2,…,M ifadesi birkaç değişik tip bulanık kuralı içerdiğinden dolayı yasal (*kanonik*) bulanık Eğer- O halde kuralı olarak adlanır.

7.2.3 Bulanık çıkarım mekanizması

Çıkarım mekanizması yani kural yorumlayıcısı, işçi bellek denilen veri tabanındaki verileri ve bilgi tabanında bulunan kuralları kontrol ederek, işçi belleğe yeni verilerin eklenmesi görevini yerine getirip bunların bir dizi içerisinde sunulması ve bu kurallar içerisinden hangisinin olacağına karar verilmesini sağlayan sistemdir. Yani bir nevi yönetim görevini de üstlenmiştir.

Çıkarım mekanizması, yukarıdaki olaylara bağlı kalarak kendine göre yeni çıkarımlar yapabilmesidir. Aynı zamanda bu çıkarımları yönetebilme özelliğinin de var olması ayrı bir avantajdır.

Bilindiği gibi bilgi tabanındaki kurallara ulaşma imkanı mevcuttur. Çıkarım mekanizmasında ise böyle bir şey mevcut değildir. Yani kurallar gizlidir (Allahverdi 2010, Salskia ve ark. 2006, Şen 2004).

Bulanık çıkarım sisteminin temel yapısı üç kısımdan oluşur: Bulanık kuralların seçimini içeren "kural tabanı", bulanık kurallarda kullanılan üyelik fonksiyonlarının bilgilerini içeren "veri tabanı" ve kurallar doğrultusunda verilen koşullara bağlı olarak çıkışları belirleyen "yargılama mekanizması". Literatürde en çok *Mamdani* ve

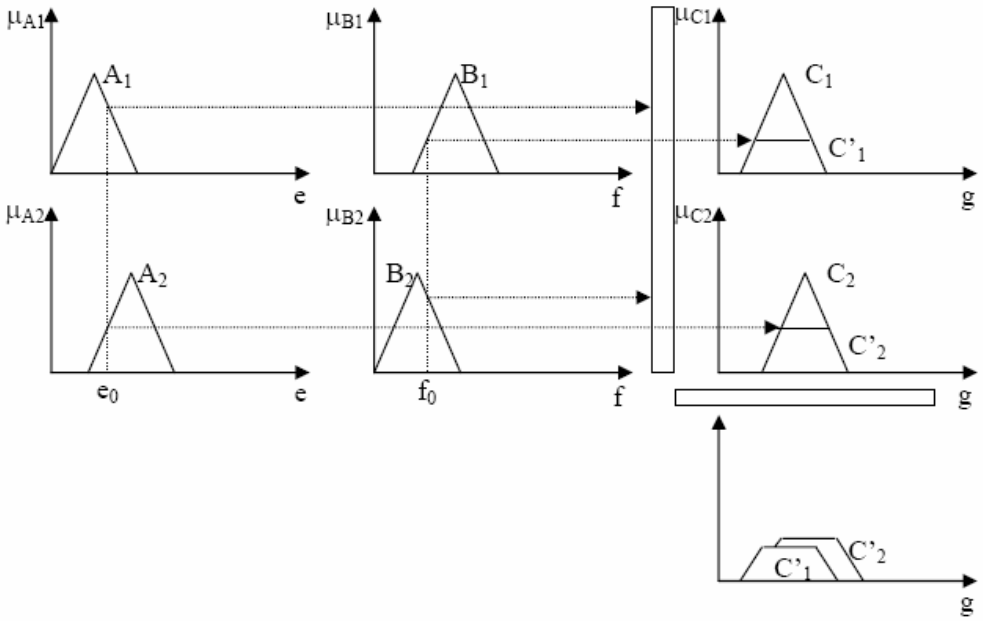
Sugeno bulanık çıkarım sistemlerinin (*fuzzy inference mechanism*) bahsi geçmektedir.

Mamdani çıkarım yöntemi ilk defa 1974 yılında Ebrahim Mamdani tarafından kullanılmıştır. *Mamdani* bulanık çıkarım sisteminde; A_i, B_i, C_i sırasıyla i=1,2, $e \in E$, $f \in F$ ve $g \in G$ için E, F ve G'de tanımlanmak üzere iki tane bulanık denetim kuralı aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

Eğer *e* A_1 ve *f* B_1 ise *g* C_1

Eğer *e* A_2 ve *f* B_2 ise *g* C_2

Sözel değişkenler (e,f ve g) arasındaki ilişki genelleştirilmiş bulanık ilişkiye bağlı olarak ve maksimum-minimum operatörleri kullanılarak tanımlanır. Her bir kuralın koşul kısmında minimum operatörü ve iki kuralı birleştirmek için de maksimum operatörü kullanılmış ve bu durum Şekil 7.5'te özetlenmiştir. Bulanık sistem ve bulanık kontrollerde en yaygın kullanılan *max-min* çıkarım mekanizmasıdır. Çünkü bu yöntemin kullanımının kolay, hesaplama basitliği, akla yakınlığı gibi avantajları vardır (Sarıtaş 2008, Gülbağ 2006, Dinçer ve ark. 2008).



Şekil 7.5 *Mamdani* bulanık çıkarım yöntemi

Sugeno bulanık çıkarım sistemi, *Takagi, Sugeno* ve *Kang* tarafından (Takagi 1985), verilen giriş-çıkış veri kümelerinden bulanık kuralların oluşturulması

yaklaşımı için önerilen bir yöntemdir. *Sugeno* bulanık çıkarım sisteminde kullanılan bulanık kural yapısı aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

Eğer *e* A ve *f* B ise $g = f(e,f)$

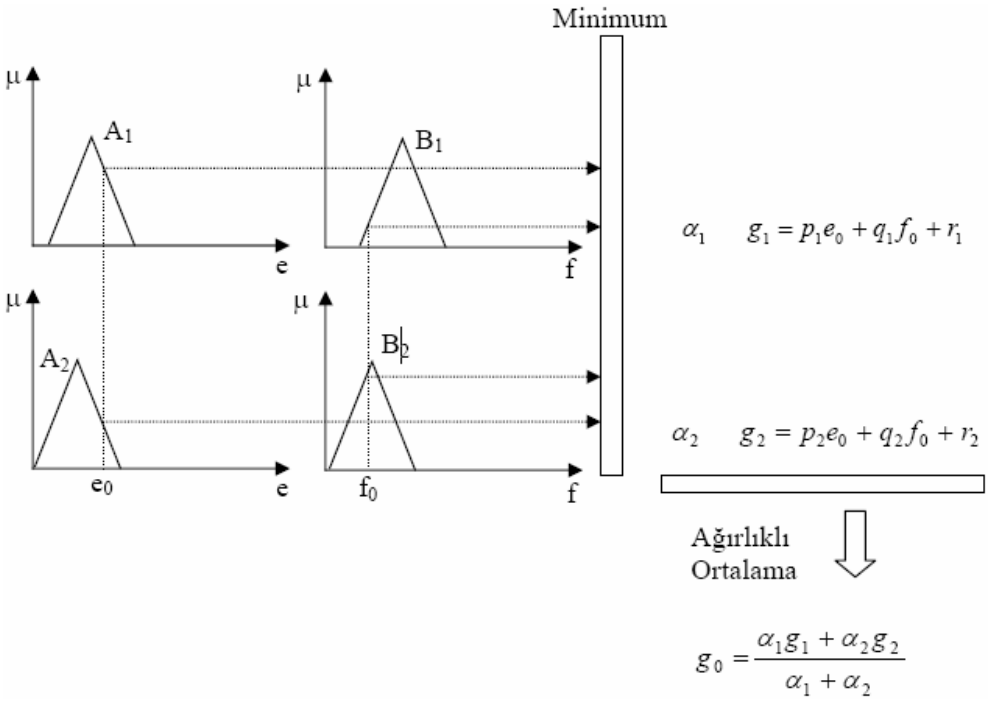
Burada A ve B, koşul kısmının bulanık kümeleri, $g = f(e, f)$ ise sonuç kısmının kesin çıkış değeridir. $f(e,f)$, giriş değerleri e ve f olan bir polinomdur ve birinci dereceden ise bulanık çıkarım sistemi "birinci derece *Sugeno* bulanık modeli", eğer $f(e,f)$sabit bir değer ise "sıfırıncı derece Sugeno bulanık modeli" olarak adlandırılır.

İki tane bulanık "*Eğer-O Halde*" kuralı bulunan, birinci dereceden Sugeno bulanık modeli için tipik kural kümesi aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

Eğer *e* A_1 ve *f* B_1 ise $g_1 = p_1 e + q_1 f + r_1$

Eğer *e* A_2 ve *f* B_2 ise $g_2 = p_2 e + q_2 f + r_2$

Şekil 7.6'da birinci derece *Sugeno* bulanık modeli için bulanık yargılama işlem basamakları iki kurala dayalı olarak verilmektedir. Her bir kuralın kesin çıkışı vardır ve sonuçta çıkış, ağırlıklı ortalama ile hesaplanır. Bu yöntemde sonuç kesin değer olduğu için durulaştırma işlemine gerek kalmaz (Gülbağ 2006).



Şekil 7.6 *Sugeno* bulanık çıkarım yöntemi

7.2.4 Durulaştırıcı

Önce kullanılan her kural için üyelik değerlerinde oluşan bulanık bir çıkış kümesi, çıkış evrensel kümesinde tespit edilir. Daha sonra bu kümeler tarafından oluşturulan mantıksal birleşim kümesi üzerinde durulama yöntemlerinden birisi kullanılır ve tek çıkış değeri bulunarak durulama işlemi yapılmış olur. Elde edilen değer bulanık mantık denetleyicisinin sisteme uygulayacağı çıkış değeridir (Elmas 2003). Bulanık çıkarım mekanizmasının çıkışı çıkış evrensel kümesinde bulanık bir kümedir. Bunun için bulanık olmayan bir kesin sayısal değere çevrilmesi gerekir. Bu çevrilme işlemine durulama, durulamayı gerçekleştiren sisteme de durulaştırıcı denir.

Kesin çıkışlara ihtiyaç duyulduğunda ve özellikle çıkarım mekanizması olarak Mamdani kullanıldığında, kesin bir değer çıkartmak için bir durulaştırma yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır.

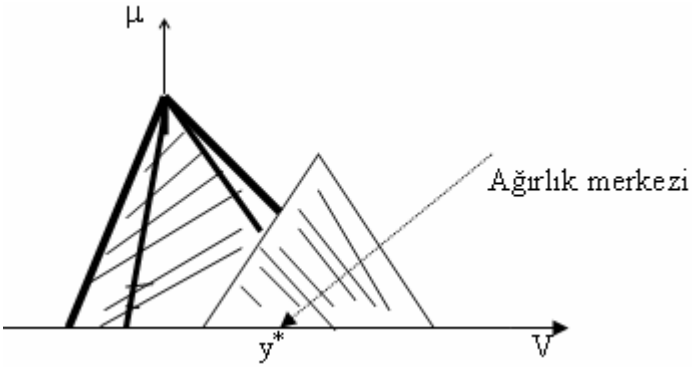
Pek çok pratik uygulamada, denetim komutu kesin bir değer olarak verilir. Bundan dolayı, bulanık çıkarım sonucunu durulaştırmak gerekir. Durulaştırma, elde edilmiş bir bulanık denetim etkinliğinde olasılık dağılımını en iyi gösteren, bulanık olmayan denetim etkinliği elde etme sürecidir. Ancak, iyi bir durulama stratejisi seçmek için sistematik bir işlem yoktur ve bundan dolayı uygulamanın özelliklerini dikkate alan bir yöntem seçilmesi gerekir (Baykal ve ark. 2004, Gülbağ 2006)

7.2.4.1 Ağırlık merkezci durulaştırıcı (*Centroid*)

Durulaştırma işleminde (*centroid*) en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. Bu tip durulaştırıcı y^* noktasını B'nin üyelik fonksiyonu ile örten alanın ortası olarak belirtir. $\mu_B(y)$ birleştirilmiş çıktı üyelik derecesini göstermektedir (denklem 7.8).

$$y^* = \frac{\int_y y\mu_B(y)dy}{\int_y \mu_B(y)dy} \tag{7.8}$$

Burada $\int_y$ geleneksel integral sembolüdür. Şekil 7.7'de bu işlem grafiksel olarak gösterilmektedir.



Şekil 7.7 Ağırlık merkezli durulaştırıcının bir grafiksel sunumu

Ağırlık merkezli durulaştırıcının avantajı onun sezgisel akla yakınlığındandır. Dezavantajı hesaplanmasının yoğun olmasıdır. (Yalçın ve ark 2007, Wang 1997, Allahverdi 2010).

Literatürde birçok durulaştırma yöntemi önerilmektedir. Bunlardan bazıları, ağırlık ortalama yöntemi, en büyük üyelik yöntemi, büyüklerin ortalaması, en büyüklerin en küçüğü yöntemi, en büyüklerin en büyüğü v.b. sayılabilir (Şentürk 2006).

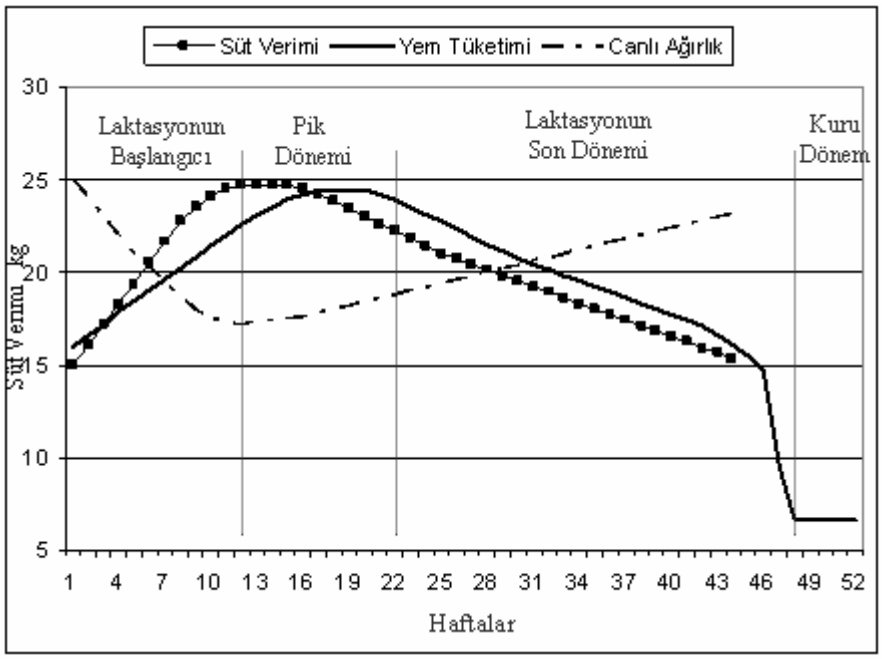
8. SIĞIRLARDA CANLI AĞIRLIK TAKİBİNİN ÖNEMİ VE VÜCUT ÖLÇÜLERİ İLE TAHMİN EDİLMESİ

Bilgisayarla görüntü alma ve işleme teknikleri hızlı bir şekilde gelişmekte ve değişik meslek dallarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu meslek dalları otomotiv, ziraat, ormancılık, jeoloji, tıp, astronomi, fizik v.b. sayılabilir. Bunlardan biri de hayvancılık alanıdır. Sütçü sığır işletmelerinin sayısının ve kapasitesinin arttığı günümüzde, işletmelerin idare edilmesinde bilgisayar destekli çalışmaların önemi gittikçe artmakta ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Çiftlik yönetiminde, hayvanların performanslarının ölçülmesi ve takip edilmesi, verimliliğin ve üretimdeki karlılığın arttırılması için önem arz etmektedir. Hayvanın süt veriminde ve kilosunda beklenmeyen bir değişim, yem tüketimindeki azalma veya artış, hayvanla ilgili istenmeyen bir duruma veya olumsuzluğa işaret edebilir.

Sütçü ineklerde bir yıllık zaman dilimi içerisindeki (bir ineğin iki doğumu arasındaki süre, buzağılama aralığı) canlı ağırlık (CA), süt verimi ve yem tüketimi arasındaki ilişki önemlidir ve düzenli olarak takip edilmesi gereklidir (Şekil 8.1). Bu takip işlemi, işletmenin verimliliği ve işletmede uygulanmakta olan bakım ve besleme düzeyi ile hayvanın mevcut durumunu yansıtması açısından önem taşımaktadır. Bu özelliklerde belirlenen sınırların dışına çıkılması ineğin hastalıklara olan direncini ve ekonomik verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle canlı ağırlıkta oluşabilecek olumsuz değişiklikler sağlık problemlerine, uygun olmayan çevre şartlarına veya beslenme hatalarına işaret edebilir. Bu nedenle Sİ'de CA takibi önem taşımaktadır.

Şekil 8.1'deki veriler, bu dönemler içerisinde hayvanda meydana gelen değişimleri göstermektedir. Özellikle bu takip süreci ile bu dönemler içerisinde hangi işlemlerin belirli bir düzenle yapılması veya nelerin olmaması gerektiği de kontrol edilmiş olmaktadır. Hayvanların sütten kesilmesi ve günlük alınacak besin maddesi, gebelik sürecinin izlenmesi gibi durumlar CA takibi ile ilişkilidir. Ve bu

ilişkilendirme, ileride oluşabilecek performans kayıplarını engelleyebilir. Sİ'de özellikle bazı hastalıkların belirteci olan CA takibi gittikçe önem kazanmaktadır. Vücut kondisyon skoru (yağlanma) belirleme ve takip etme işleminde de canlı ağırlıktaki değişim önemlidir. Bu faydalarından dolayı Sİ'de süt verimi, yem tüketimi ve canlı ağırlığın birbiriyle olan zaman içerisindeki ilişkisi kesinlikle gözlemlenmeli ve özellikle CA dikkatle takip edilmelidir.



Şekil 8.1 Siyah alaca ineklerde iki buzağılama dönemi arasındaki süt verimi, yem tüketimi ve canlı ağırlık değişimleri

Sığırcılık işletmelerinde CA bir tartı aleti yardımıyla tespit edilir. Ancak işletmelerde bir tartım yeri inşa edilmesi ya da bir tartım platformunun sığırların geçtikleri alanlara konulması gereklidir. Tartım işlemleri en az bir personel ile gerçekleştirilmelidir. Bu bir maliyet gerektirmekte ayrıca çevre şartlarına maruz kalan tartı aletlerinin kalibrasyonu veya doğru çalışmasında problemler oluşabilmektedir. Hayvanın, tartılması için kısa süreli de olsa bekletilerek ve tutularak kantarın bulunduğu bir platform ortamından geçirilmesi gereklidir. Hayvanın kısa süreli olarak kantar üzerinde durdurulması, sakınmasına sebep olmakta, hafifte olsa çarpmalardan dolayı yaralanmalar oluşabilmektedir. Bu durum

hayvanın strese girmesine sebep olmakta ve bu ise hayvanın süt verimini ve sağlık durumunu olumsuz etkilemektedir.

Kantar kullanmak yerine, hayvanlarda CA tahmini, uzun zamandır vücut ölçülerinden faydalanılarak yapılabilmektedir. Vücut ölçülerinin belirlenmesi ile CA takip edilmesi işlemi, kantardaki bazı olumsuzlukları giderebilmekte, fakat yeni problemler oluşturmaktadır. Vücut ölçülerinin elle alınabilmesi için hayvana yaklaşılması veya hayvanın sabit durdurulması, bağlanması gerekmekte ve bu işlemler için yine bir görevliye ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle vücut ölçülerinin alınması işlemi de, hayvanda strese sebep olmakta ayrıca ölçümü alan kişi için tehlike oluşturabilmektedir. Bu durumda, hayvanın sakınmasından dolayı vücut ölçülerinin doğru alınamaması v.b. istenmeyen durumlar oluşabilmektedir.

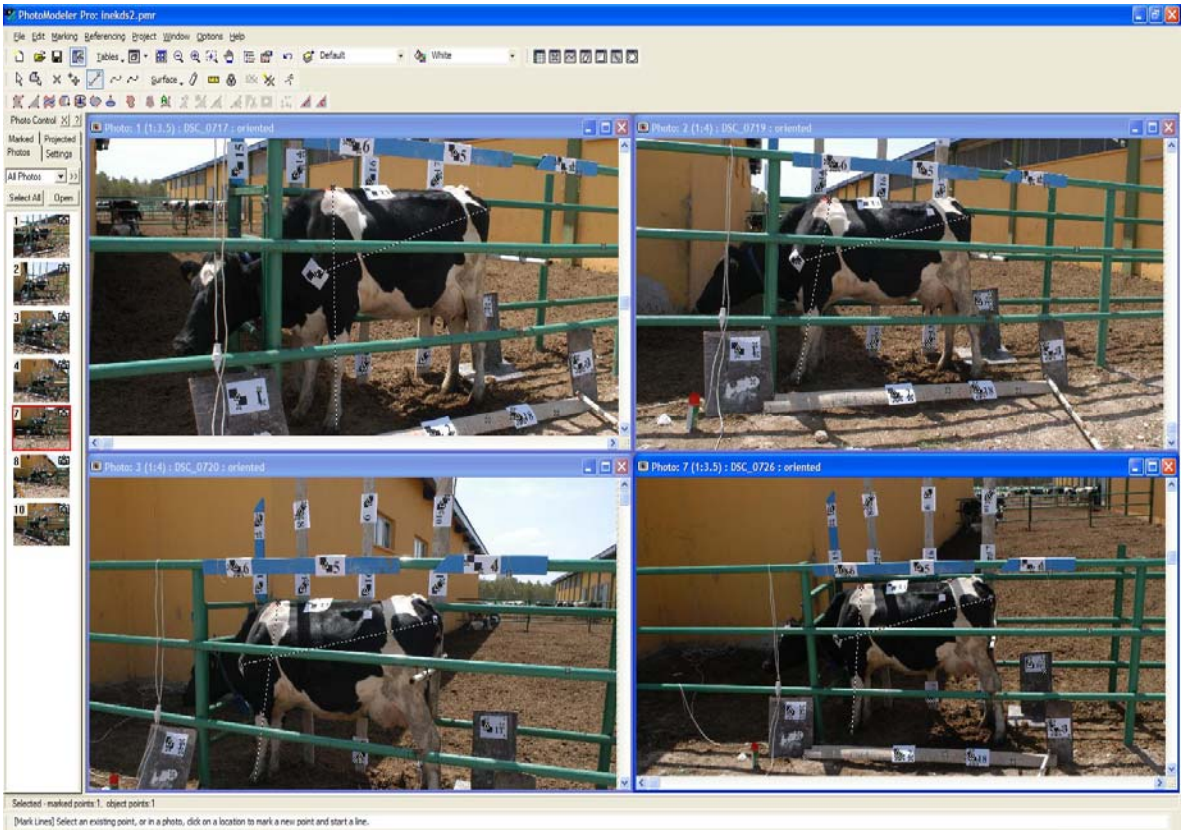
Bu tür olumsuzluklar nedeniyle, işletmeler hayvanların kantar kullanarak CA takibini veya vücut ölçülerinin alınması işlemini hiç yapmamayı veya daha seyrek yapmayı tercih etmektedirler. Bu türden olumsuzluklar ve problemleri devre dışı bırakan, hayvanı strese sokmadan, temassız olarak vücut ölçülerini bulabilen bir yöntem olarak, görüntü analiz sistemi devreye girmektedir. Bunun için, ineklerin geçiş yolları üzerine, beslenme veya barınma alanlarına kurulacak bilgisayar destekli bir stüdyo ortamında, belli mesafeden ve değişik yönlerden sayısal görüntülerinin alınması mantıklı bir çözüm yolu olacaktır.

Bu çalışmada, oluşturulan bir fotoğraf stüdyo çekim ortamında ineklerin sayısal görüntülerini alıp, geliştirilen Görüntü Analiz (GA) yazılımı ile bu görüntüleri değerlendirerek hayvanların vücut ölçülerinin bulan bir sistem tasarlanmıştır. Bulunan vücut ölçülerini iki değişik teknik (İstatistik Regresyon Modeli ve Bulanık Kural Tabanlı Yaklaşım) ile modelleyerek canlı ağırlığın tahmin edilmesini sağlayan bir sistem amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın tamamlanıp, başarıya ulaşmasıyla, tartım esnasında gerek inek ve gerekse çalışanlar için oluşabilecek olumsuzlukların önüne geçmek, hata yapma ihtimalini azaltmak ve değerlendirmelerin hassasiyetini artırmak mümkün olabilecektir. Ayrıca beslenme kaynaklı muhtemel sağlık problemlerinin teşhisini ve önlenmesini de hızlandıracaktır. Özellikle büyük sürülerde yapılması gerekli olan CA takibi gereken sıklıkta ve kolaylıkla yapılabilecektir. Ayrıca bu yaklaşım ile zaman ve ekonomik kazanç da sağlanabilecektir.

8.1 Ön Deneme Çalışması

Tez çalışmasında, çok sayıda hayvanda uygulama yapılmadan önce yalnızca bir sütçü inek üzerinde, ön deneme çekimi ve çalışması yapılmıştır. Bu çekimlerin amacı, en uygun görüntü alma biriminin belirlenmesi, ortamın tanınması, resimlerin analiz işlemi için hangi metot ve yazılımın kullanılabileceğinin belirlenmesi, hedeflenen çalışmanın ne ölçüde yapılabilirliğinin görülmesidir. Bunun için Çumra'da ÇUMPAŞ A.Ş.'ye ait Süt İnekçiliği ve Hayvan Kreşi'ne gidilerek, sağımhane çıkışındaki, uygun bir alan, fotoğraf çekim ortamı için hazırlanarak kullanılmıştır. Hem *Nikon* D100 fotoğraf makinesi hem de *Sanyo* VCC-ZM400P CCD renkli bir video kamerayla bir inekten görüntüler çekilip bilgisayar ortamına kaydedilmiştir. *Sanyo* kameradan çekilen video görüntüler yazılım kullanılarak frameler yakalanıp resim dosyaları haline dönüştürülmüştür. Fakat kamera özelliğinden kaynaklanan bozulmalar ve resim dosyalarının çözünürlüğünün çok düşük olmasından dolayı bu çekim yöntemi tercih edilmemiştir. Bunun yerine çözünürlüğün çok daha yüksek olduğu dijital fotoğraf makinelerinden görüntü alınması işlemi seçilmiştir. Resimlerden ölçüm işlemi için bazı referans noktalar önceden belirlenmiş, elle ölçümleri yapılarak kayıt ortamına alınmıştır. *Nikon* D100 çekim birimi ile alınan fotoğrafların analizleri *PhotoModeler* (Şekil 8.2) programıyla yapılmıştır. Analiz işlemleri ile fotoğraflar üzerinden ölçümler bulunmuştur. Analiz programından elde edilen sonuçların inek üzerinden elle alınan ölçümlere yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.



Şekil 8.2 PhotoModeler 5 programı ile yapılan analiz işlemi

Fotoğrafların analizi için, ayrıca *Matlab* programı *Image Processing Toolbox* (Şekil 8.3) kullanılarak, hesaplamalar yapılmıştır. İki boyutlu (2B) olarak sonuçlar bulunmuştur. Fakat hayvanın şekli, resimlerinin alınacağı mekan, Sİ'in hareket pozisyonları, görüntü alma ekipmanlarının konumlandırılmaları ve çalışma ortamının zorluğu düşünüldüğünde, analiz işlemlerinin ve ölçümlerin üç boyutlu (3B) yapılması ile daha doğru sonuçlar elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca çok sayıda sütçü ineğin, değişik zamanlarda, devamlı görüntülerinin alınması ve sistemin otomatik bir şekilde çalıştırılması düşünülmüştür. Bu amaçla görüntü analiz işlemleri için fotogrametrik teknik kullanılması tercih edilmiştir.



Şekil 8.3 *Image Processing Toolbox* ile analiz

Analiz işlemleri sonucunda; Sütçü inek üzerinde metrik sisteme göre ölçümler yapılmasının daha kesin sonuçlar verebileceği ve uygun olacağı belirlenmiştir. Bu amaçla çekim işleminden önce bazı referans noktaları işaretlenecek ve çekilen fotoğraflar üzerinde cisim uzay koordinatları bilinen bu referans noktaları ve bu işaretler kullanılarak ölçümler yapılacaktır. Çekimlerde görüntülerin yüksek piksel çözünürlüklü bir fotoğraf makinesi ile alınmasına, daha net ve kesin sonuçlara ulaşmak amacıyla karar verilmiştir. Görüntü alma birimi için fotoğraf makineleri belirlenmiş, fakat *Matlab* yazılımının fotoğraf makinelerini görüntü alma birimi olarak desteklemediği, bu deneme aşamasında görülmüştür. Bununla ilgili destek birimleri ile görüşülmüş fakat olumlu bir sonuç alınamamıştır. Görüntü analiz ve kalibrasyon işlemi için uygun bir teknik olarak fotogrametrik yöntem belirlenmiş ve bu işlemler için *Delphi* programlama ortamında bir yazılım geliştirilmesine karar verilmiştir. Ayrıca birden fazla (iki, dört) kamera destekli görüntü alma biriminin aynı anda senkronize çekim yapabilmesi için araştırmalar yapılmış ve sonuçta bu işlemin *Canon* görüntü alma birimini ile uyumlu çalışan, USB arabirimi destekli *DSLR Remote Pro Multi-Camera v.1.2.1* programı ile geçekleştirilebileceğine karar verilmiştir.

Belirlenen görüntü alma birimi *Canon* EOS 400D, iki fotoğraf makinesi ile ön denemeler yapılmış ve başarılı bir şekilde aynı anda alınan görüntüler *DSLR Remote Pro Multi-Camera* programı ile USB ara biriminden bilgisayara kaydedilmiştir. Bu ön çalışmada donanım ve yazılımlar belirlenmiş, sistem bir inek üzerinde gerçekleştirilmiş, ölçümler yapılarak değerlendirilebilmiştir. İlk ön değerlendirme çalışması ile tez çalışmasının hangi aşamalarla gerçekleştirilebileceğine karar verilmiştir. Yapılan bu ilk ön deneme çalışması (Taşdemir ve ark. 2008) sempozyumda sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

8.2 Materyal ve Metot

Tez proje çalışması, Konya ili Çumra ilçesinde ÇUMPAŞ A.Ş.'ye ait Süt İnekçiliği ve Hayvan Kreşi'nde yürütülmüştür. Bu kreşteki 220 adet *Holstein* siyah alaca Sİ'in 115'i materyal olarak kullanılmıştır. Bu inekler, 24-48 ay arasında yaşa sahip, orta ve yüksek verimden seçilmiştir. Kuruya çıkan ve düşük verimliler analiz dışı tutulmuştur. Çalışmada kullanılan donanım ve yazılım birimleri ayrıntılı olarak Çizelge 8.1' de görülmektedir.

Çizelge 8.1. Tez çalışmasında kullanılan donanım ve yazılım birimleri

Kullanılan Donanım ve Yazılım Birimleri	**Kullanım Amacı**
Borland firması Delphi 9 programı	GA işlemi için yazılım geliştirilmesi
MathWorks firması MATLAB R2008b programı (Fuzzy Logic Toolbox- Curve Fitting Toolbox- Image Acquisition and Processing Toolbox)	BUS geliştirilmesi, İstatistiksel analizler ve grafiklerin oluşturulması, resimlerin değerlendirilmesi
SPSS 15 programı	Regresyon denklemleri oluşturulması ve istatistiksel analizlerin yapılması
DSLR Remote Pro Multi-Camera v.1.2.1	Birden fazla Görüntü alma biriminin senkronize bir şekilde çalışması
Microchip firması MPLAB 7.6 programı	PIC 16F877 programın yazılması ve derlenmesi.
Taralsa Seyyar Dijital Kantar (1.5 tonluk)	Sİ'in canlı ağırlıklarının tartılması
Görüntü Alma Birimi (Canon EOS400D SLR fotoğraf makineleri)	Görüntülerin bilgisayara alınması
Lazer metre (Bosch DLE 150 Connect Professional marka bluetooth özellikli), şerit metre v.b.	Sİ'in vücut ölçülerinin alınması ve bilgisayara kaydedilmesi

8.3 Vücut Ölçülerinin Elle Alınması

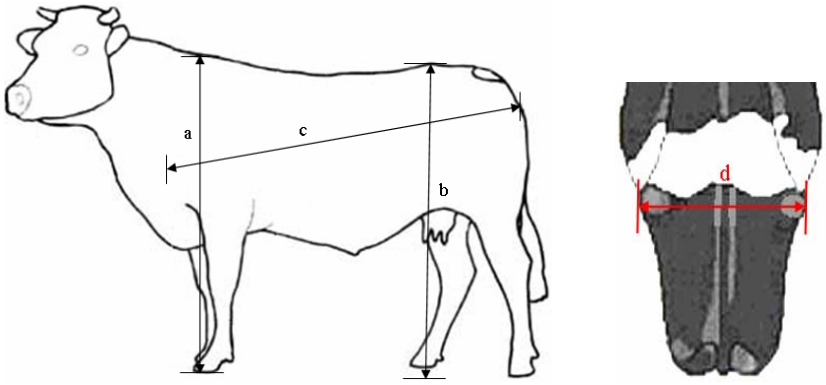
Bu çalışmada hayvanın hem yan tarafından (iki kamera ile) hem de üst tarafından (iki kamera ile) fotoğraflarının çekilmesi ve üç boyutlu (3B) değerlendirilmeleri hedeflenmiştir. Bundan dolayı, GA işlemi için seçilen vücut ölçüleri hayvanın yan tarafından değerlendirmeler için, CY, SY ve BU, hayvanın üst tarafından değerlendirmeler için ise SG seçilmiştir.

Cidago Yüksekliği (CY): Hayvanın sırtının ön tarafının (ön bacakların en tepe noktası) en yüksek noktasından yere kadar olan dikey mesafedir (Şekil 8.4a).

Sağrı Yüksekliği (SY): Hayvanın yan tarafından bakıldığında, sağrı kemiğinden (kalça çıkıntısından) yere kadar olan dikey mesafedir (Şekil 8.4b).

Beden Uzunluğu (BU): Kalça kemiği (oturak) çıkıntısından omuz ucuna (ön bacak omuz çıkıntısı) kadar olan mesafedir (Şekil 8.4c).

Sağrı Genişliği (SG): Hayvanın üst tarafından bakıldığında iki sağrı kemiği (kalça kemiklerin çıkıntıları) arasındaki mesafedir (Şekil 8.4d).



a- CY, b- SY, c- BU, d- SG

Şekil 8.4 Sütçü ineklerin vücut ölçüleri

Hayvanların vücut ölçülerinin alınması işleminde bağlanmaları yani sabit, zapturapt altına alınmaları gerekmektedir. Bağlanan 115 siyah alaca sütçü ineklerin Cidago Yüksekliği (CY), Sağrı Yüksekliği (SY), Beden Uzunluğu (BU) ve Sağrı Genişliği (SG) gibi bazı vücut ölçüleri (VÖ) elle ölçülerek (Şekil 8.5) alınmış ve bilgisayara kaydedilmiştir (Çizelge 8.5).



Şekil 8.5 Sİ'in elle VÖ'nin alınması işlemi

VÖ'nin elle alınması işleminde *Bosch DLE 150 Connect Professional* (WEB14 2010) marka lazer metre (*bluetooth* özellikli), şerit metre, mezura ve ölçü bastonu (Şekil 8.6) kullanılmıştır.



(a) şerit metre, (b) mezura, (c) lazer metre, (d) ölçü bastonu

Şekil 8.6 Elle ölçüm aletleri

8.4 Canlı Ağırlıkların Dijital Kantar ile Tartılması

VÖ elle alınan (EA) aynı hayvanların CA'ları da Taralsa marka dijital kantar (DK) (Şekil 8.7) ile tartılarak bilgisayara kaydedilmiştir. DK tez çalışması için özel olarak imal edilen, hayvanın giriş ve çıkışını kolaylaştıran rampalarla birlikte 350cm uzunluğunda, 110cm genişliğinde, demir kafeslerle çevrili, indikatör (gösterge) ile ağırlıkların (2 tonluk) okunarak bilgisayara kaydedilebildiği taşınabilir bir yapıya sahiptir. Elle alınan VÖ daha sonra GA yöntemi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılacaktır. Aynı karşılaştırma işlemi, DK ile tartılan CA değerleri ve İstatistiksel Regresyon modeli (İRM) ve Bulanık kural tabanlı (BKT) yaklaşımlarla tahmin edilen veriler arasında da yapılacaktır. Böylece sistemin performansı yani doğruluğu belirlenmiş olacaktır.



Şekil 8.7 Taralsa dijital kantar ve canlı ağırlık tartım platformu

8.5 Kalibrasyon Test Alanı ve Kullanılması

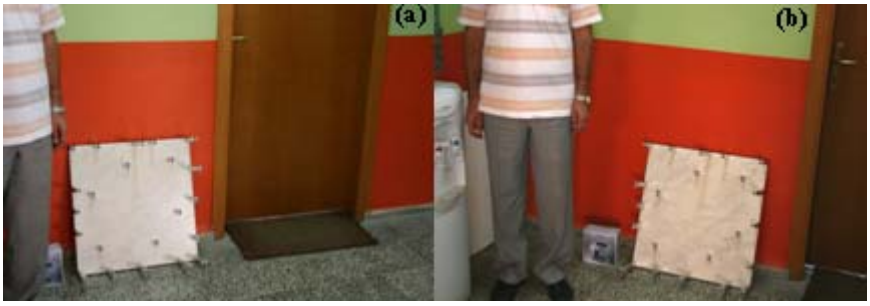
Kamera kalibrasyon işlemi, kameranın 3B'deki ve belirli koordinat sistemine göre konumunun ve metrik potansiyellerinin belirlenmesi için gerçekleştirilir. Distorsiyonun resim düzlemine etkisi belirlenir ve kalibrasyon parametreleri

bulunarak düzeltilir. Dolayısıyla cisim noktalarının koordinatları bilinir ve iç yöneltme elemanları bulunur. Bu şekilde 2B'den 3B'ye dönüşüm (*transformasyon*) işlemi yapılarak GA yazılımı ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmasında kameraların kalibrasyon işlemini yapabilmek ve hedeflenen çalışmada çiftlik ortamında gerçekleştirilmeden önce resimlerden ölçüm denemeleri yapabilmek amacıyla, kamera parametrelerinin hesaplanabilmesi için 2B resim düzlemi ile 3B uzay koordinat sistemi arasındaki ilişkiyi tanımlayan ve 3B koordinat değerleri bilinen, bir kamera kalibrasyon test deney düzeneği, alanı yapılmıştır. Bu test alanı daha sonra çekim işleminde de kullanılmıştır. Test alanı 60X60 cm ebatlarındadır. Resim çekim işleminde kullanılmak üzere, kalibrasyon alanı içerisine değişik noktalara, değişik yüksekliklerde, 2X2cm kare ebatlarında sabitlenen 22 adet referans kontrol noktalarının ölçümleri yapılmıştır. Bu kalibrasyon test alanının taşınabilir, portatif olması değişik zamanlarda ve yerlerde kullanılabilme imkanı doğurması açısından önemli bir avantajdır. Test alanı kullanılarak bazı ortamlarda fotoğraf çekimleri yapılmış, çekilen resimler üzerinden bazı cisimlerin ölçümleri ile ilgili denemeler yapılmıştır (Şekil 8.8, Şekil 8.9). Bu kalibrasyon test düzeneği ile hem geliştirilen GA yazılımı testleri yapılmış, hem de tez çalışma aşamasında fotoğraf makinelerinin kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 8.8 60X60 cm ebatlarında portatif kalibrasyon test alanı



(a) Soldan Çekim (b) Sağdan Çekim

Şekil 8.9 Kalibrasyon test düzeneği ile senkronize yapılan deneme çekimi

Kalibrasyon test düzeneğine ait kontrol noktalarının 3B uzaysal koordinatları, tekrarlı bir şekilde Türk Motor Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi (*TÜMOSAN*) hassas ölçme laboratuarında ölçülerek elde edilmiştir (Çizelge 8.2).

Çizelge 8.2. Kalibrasyon deney test alanı 3B uzay koordinatları

Nokta No	X(mm)	Y(mm)	Z(mm)	Nokta No	X(mm)	Y(mm)	Z(mm)
1	14.084	13.422	140.619	12	104.045	588.125	191.037
2	200.356	10.148	92.301	13	13.311	589.528	142.767
3	285.489	13.142	191.364	14	10.623	491.407	59.437
4	469.233	9.672	66.638	15	11.551	300.296	91.950
5	588.510	10.732	91.680	16	11.135	153.274	191.494
6	590.977	200.326	144.257	17	104.708	102.883	31.743
7	590.441	301.472	69.481	18	88.273	356.282	38.630
8	590.724	398.929	92.049	19	213.433	491.239	25.147
9	593.143	592.035	191.203	20	488.812	484.442	28.844
10	454.437	590.645	91.288	21	508.558	233.088	40.143
11	305.748	589.201	142.751	22	329.084	111.506	39.978

8.6 Mikrodenetleyici Destekli Otomatik Fotoğraf Çekim Ünitesi Tasarımı

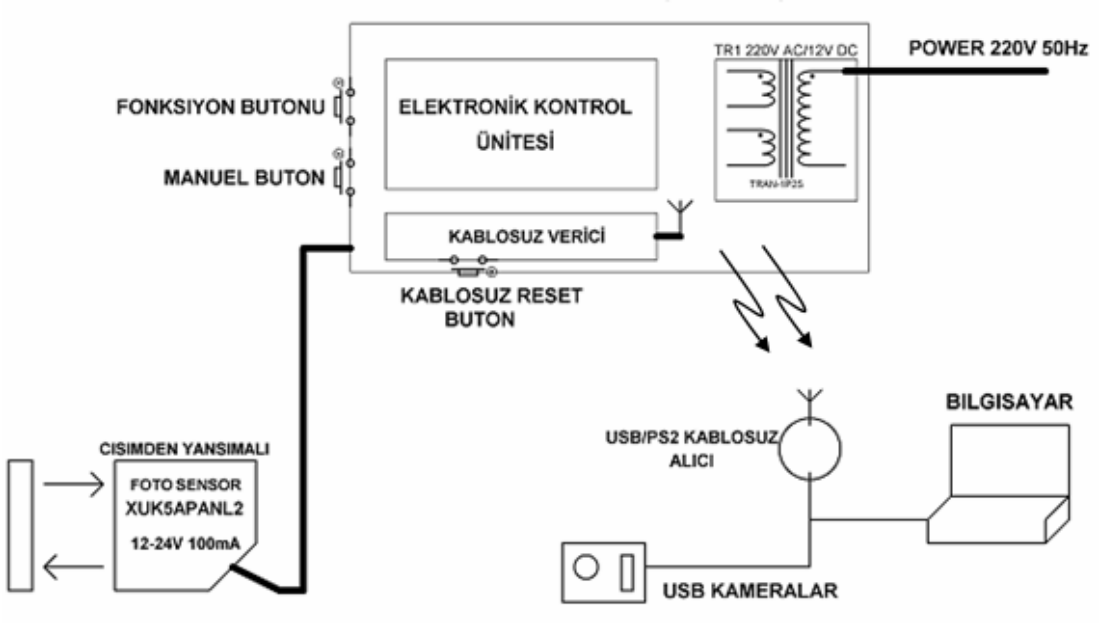
Sayısal fotoğraf makinelerinde deklanşöre basılırken fotoğraf makinesinin titremesinden dolayı fotoğrafın netliği bozulabilmektedir. Bu tür olumsuzlardan kurtulmak için, görüntü alma birimini sabitleyerek yaklaşık 1 metre civarında bir uzunluğa sahip bir kablo bağlantısı ile çekim işlemi gerçekleştirilebilir. Daha büyük

mesafelerden kontrol edilerek fotoğraf çekilmesi gerektiğinde, 1 metrelik kablonun kısa olması bu çözümü devre dışı bırakacaktır. Bir ikinci alternatif ise, uzaktan kablosuz bağlantı (maksimum 5 metre) ile fotoğraf çekilmesidir (*Canon* marka kameralar için kullanılan *RC-X infrared* uzaktan kumanda birimi). Kablosuz uzaktan çekim yöntemi ise birden fazla fotoğraf makinesiyle aynı anda, senkronize fotoğraf çekim işlemi gerekli olduğunda doğru çalışmamakta ve yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada açıklanan iki yöntemin yeterli olmadığı görülmüştür. Zira uzaktan, insan olmadan, çekim ortamına girilmeden ve birden fazla kamera ile senkronize, otomatik fotoğrafların çekilerek bilgisayar ortamına kaydedilmesi gerekmektedir. Özellikle resimleri çekilecek Sİ'e yaklaşılması resmi çeken kişiye, özelliklede hayvanda istenilmeyen olumsuz sonuçlar doğurabilecektir.

8.6.1 Otomatik fotoğraf çekim birimi blok diyagramı

Sİ'in fotoğraflarını çoklu *Canon* EOS 400D fotoğraf makinesi ile otomatik ve senkronize çekebilmek için bir elektronik kontrol birimi tasarlanmıştır. Tasarlanan bu birime ait blok şeması Şekil 8.10'da gösterilmiştir. Blok şemada görüldüğü gibi ineğin pozisyonunu algılayan *XUK5APANL2* cisimden yansımalı fotoelektrik sensörden gelen veri, PIC16F877 mikrodenetleyicisine aktarılmıştır. Mikrodenetleyici bu sinyali kablosuz (wireless) iletişimi ile bilgisayarın USB portuna bağlı kablosuz alıcı devreye göndermiştir. Bu şekilde USB porta bağlı fotoğraf makinelerinin otomatik çekim işlemi gerçekleştirilmiştir.

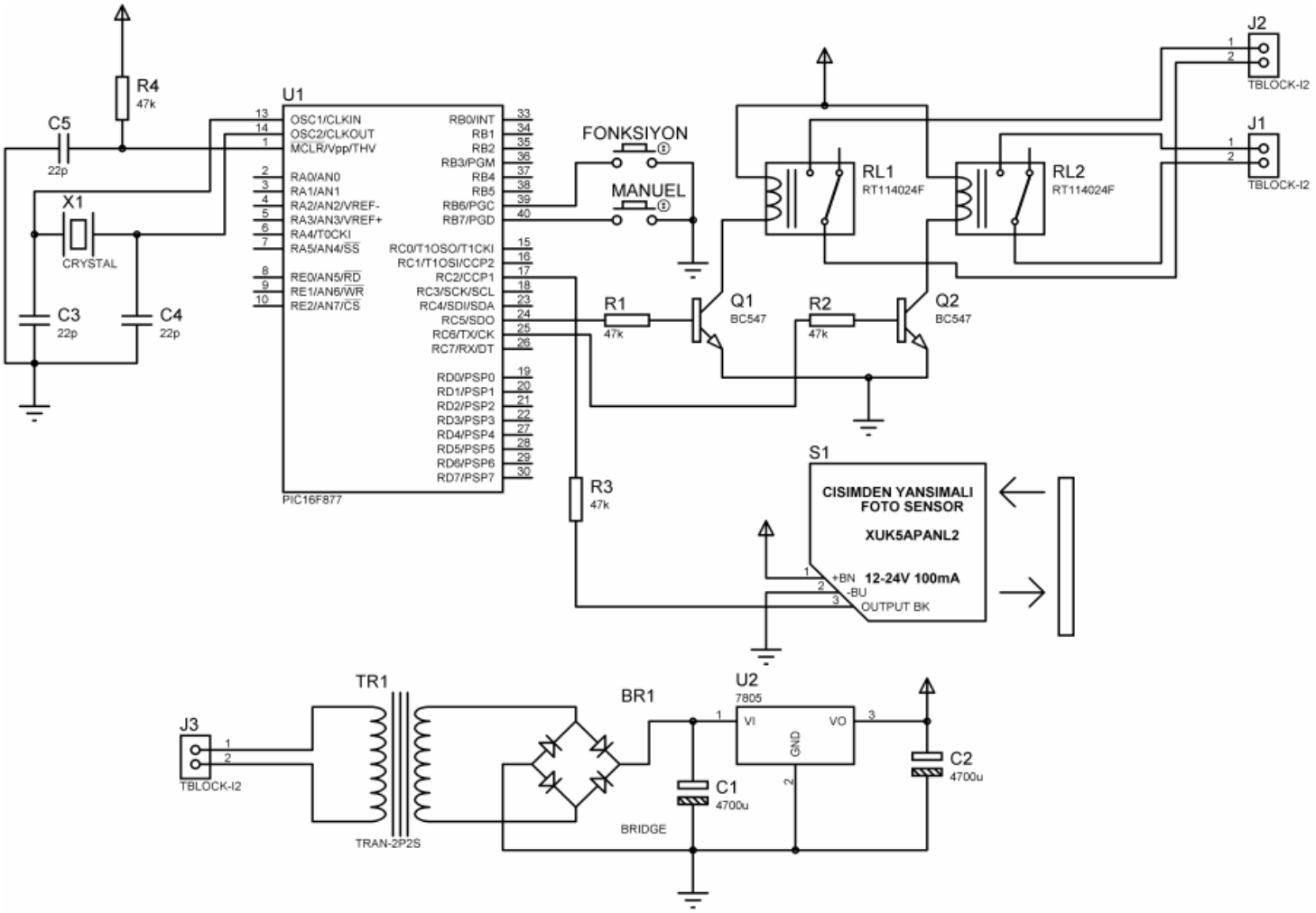
Otomatik fotoğraf çekim ünitesinin stüdyo ortamına kurulduğunda bazı işlemler yapılmalıdır. İlk olarak FONKSIYON butonuna basılıp, klavye entegresi kullanılarak, bilgisayar F8 tuşu seçilmiş ve program ara yüzünde kullanılabilir duruma getirilmiş olmaktadır. Ayrıca, kablosuz verici devresinin alıcı devre ile haberleşmesini sağlamak amacıyla ilk işlem olarak KABLOSUZ RESET BUTON'a basılır ve kablosuz iletişime hazır hale getirilmiş olmaktadır.



Şekil 8.10 Kablosuz otomatik fotoğraf çekim elektronik kontrol birimi blok diyagramı

8.6.2 Elektronik kontrol kartın tasarımı ve PIC programlama

Sensörden gelen veriyi değerlendirip, fotoğraf makinelerini aktif veya pasif eden elektronik devrede PIC16F877 mikrodenetleyici kullanılarak gerçekleştirilmiştir. PIC16F877 bu değerlendirme işlemini bir yazılım ile yapabilmektedir. PIC için yazılım Assembly dilinde *MPLAB* 7.6 ortamında geliştirilmiştir. Bu yazılım ve elektronik devre *DSLR Remote Pro Multi-Camera v.1.2.1* programı ile koordineli çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Derlenen program *Icprog* 1.05 programı ile PIC'in belleğine yüklenmiştir. *Proteus* programında devre benzetimi (Şekil 8.11) yapılarak devrenin *simülasyonu* denenmiştir. Simülasyon ile başarılı sonuçlar alındıktan sonra, gerçek zamanlı olarak projede kullanılarak çalıştırılmıştır.



Şekil 8.11 PIC 16F87 destekli otomatik fotoğraf çekim ünitesi elektronik devresi

Çalışmada *Telemecanique* marka, *Osiris XUK5APANL2* (WEB13 2010) model serisinde, *Photoelectric* (fotoelektrik) sensör kullanılmıştır (Şekil 8.12-Şekil 8.13).



Şekil 8.12 *Telemecanique Osiris XUK5APANL2 Photoelectric* sensör

8.6.3 Kontrol biriminin çalışma prensibi ve uygulanması

Şekil 8.11'de elektronik devrede, sistem manüel veya *XUK5APANL2* fotoelektrik sensörden gelen bilgiye bağlı olarak iki şekilde de çalıştırılabilmektedir. MANUEL butonu, aktif konuma getirildiğinde PIC'in 24 nolu bacağına bağlı bulunan Q1 transistörünün iletime geçmesini sağlanmıştır. Böylece RL1 rölesinin çekmesini gerçekleştirilerek ve fotoğrafın çekilmesini sağlanır. Fotoğraf çekim stüdyo ortamına giren ineğin *XUK5APANL2* fotoelektrik sensör ile algılanmasından sonra belirli bir süre (hayvanın geçişini tam algılayan) bekledikten sonra mikrodenetleyicinin 25 nolu bacağına bağlı bulunan Q2 transistörünün iletime geçirilerek, RL2 rölesinin bobininin enerjilenmesi sağlanır. Bobinin aktif edilmesi sonucunda bobin kontakları konum değiştirir ve röle çekilerek otomatik olarak fotoğraf çekim yapması gerçekleştirilmiş olur.

Mikrodenetleyicinin, elektronik birimin ve fotoelektrik sensörün çalışması için gerekli olan 220V AC/12V DC besleme gerilimi transformatör ve 7805 entegresi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca mikrodenetleyicinin reset ucu, kristal osilatör (4MHz) bağlantısı ve kullanılan diğer bağlantı uçları Şekil 8.11'de görülmektedir.

Fotoğraf çekim işlemini otomatik yapan bu elektronik birim, Şekil 8.13'deki gibi hayvanların geçeceği platforma yerleştirilmiştir. Sütçü ineği gören sensörden gelen veriye göre devre aktif edilerek, hayvanların resimleri otomatik olarak *Canon* EOS 400D fotoğraf makineleri ile senkronize bir biçimde çekilip bilgisayara kaydedilmiştir.

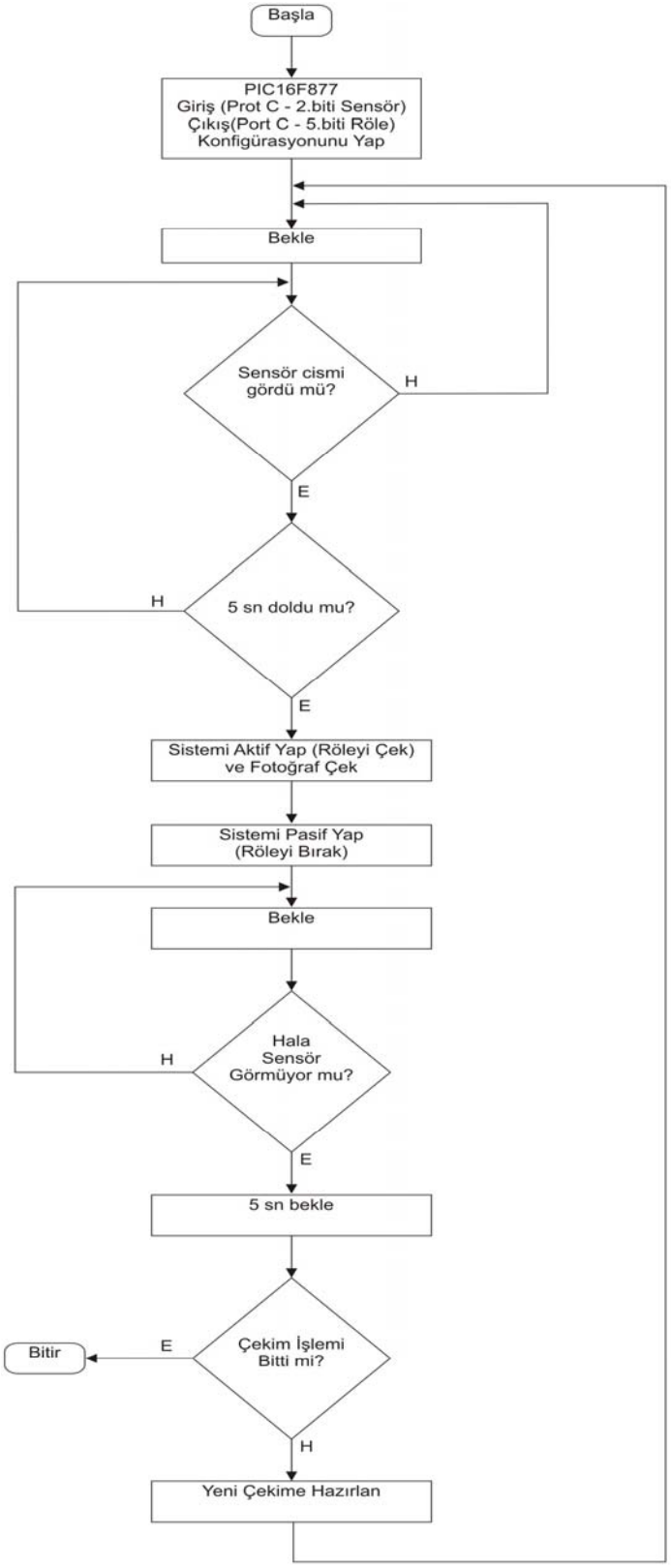


(a) fotoelektrik sensör, (b) otomatik fotoğraf çekim birimi, (c) senkronize çekim arayüzü, (d) kalibrasyon test alanı

Şekil 8.13 Otomatik fotoğraf çekim birimi, çalışma düzeneği ve kalibrasyon test alanının kullanılması,

8.6.4 PIC programın akış diyagramı

Sensör iletime geçtiğinde PIC 16F877 içindeki program sayesinde röle çekilerek, elektronik kontrol birimi çalıştırılmıştır. Dizayn edilen elektronik devre içindeki kablosuz iletişim sayesinde bilgisayar USB porta bağlı kablosuz alıcıya giden sinyal kullanılarak, *Canon* EOS 400D kameraların fotoğraf çekim işlemi otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu sayede kameraları senkronize çalıştıran ve PIC programına entegre edilen program (*DSLR Remote Pro Multi-Camera v.1.2.1*) çalıştırılmıştır. PIC içine yazılan programı ve elektronik devrenin sistem üzerinde çalışma işleminin algoritmasını ifade eden akış diyagramı Şekil 8.14'te görülmektedir. Devrede PIC giriş (Port C'nin 2. biti sensör) ve çıkış (Port C'nin 5. biti röle) konfigürasyonu yapılmıştır.



Şekil 8.14 Otomatik fotoğraf çekim ünitesi için geliştirilen PIC programı akış diyagramı

Sensör sütçü ineğin geçişini gördüğünde, ineğin tekrar geriye dönme ihtimaline karşın belirli ayarlanabilir bir sürenin geçmesi gereklidir. Bu sürenin sonunda röle çekilerek kablosuz sinyalle fotoğraf çekim işlemi gerçekleştirilmiş olmaktadır. Çekim işlemi bittikten sonra, yeni çekime geçilebilmek amacıyla ineğin platformdan ayrılmasını takiben, sütçü ineğin geriye dönebileceği düşünülerek programda, belirli bir zaman (5 sn gibi) geçmesi sağlanmıştır.

Hayvanın geçişini otomatik algılayan sensör ile herhangi bir insan etkisi olmadan, hayvana yaklaşmadan, hayvanlar ile etkileşime geçilmeden ve hayvanlar strese sokulmadan çekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece kablo kullanılmadan, uzaktan fotoğraflar senkronize ve otomatik olarak çekilerek GA yazılımına aktarılmıştır. Fotoğraf çekim işlemini otomatik olarak yapabilen, çok sayıda olumsuzluğu ortadan kaldıran, verimli çalışan bir elektronik kontrol biriminin tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir.

8.7 Görüntü Alma İşleminde Kullanılan Kamera

Dijital kameralar, görüntülerin doğrudan bilgisayar ortamına aktarılabilmesi, kamera kontrolü, veri depolama kolaylığı ve bilgisayar ortamında doğrudan hızlı bir şekilde işlenebilmesinden dolayı yaygın bir şekilde tercih edilmektedir.

Yapılan tez uygulama çalışmasında görüntülerin alınması işlemi için değişik firmalara ait fotoğraf makineleri detaylı olarak incelenmiş ve sonuçta bu çalışmaya en uygun olarak *Canon* EOS 400D SLR görüntü alma birimleri seçilmiştir. Görüntü alma birimleri, resim maksimum boyutu 3888X2592 çözünürlüklü, sensör boyutu 22.2 x 14.8 mm yüksek hassasiyetli CMOS RGB sensörlü, yaklaşık 10.1 M piksel'e sahiptir. USB destekli 126.5 x 94.2 x 65mm ebatlarında bir dijital kameradır. Objektifi *EF-S* 18-55 mm (odak uzaklığı) geniş-açılı odaklama lensli ve çap boyutu 68.5X66mm olan, diyafram aralığı f/3.5-5.6, yüksek hızlı enstantane, düşük aydınlatma koşullarında çok iyi performans gösterebilen, ayrıca en yakın odaklama mesafesi 0.28m olan fotoğraf makinesidir. Fiyat, performans, doküman, donanım ve yazılım desteği avantajlarının yanı sıra özellikle tercih edilmesi, senkronize çekebilme özelliğine sahip olan görüntü alma birimi olmasıdır.

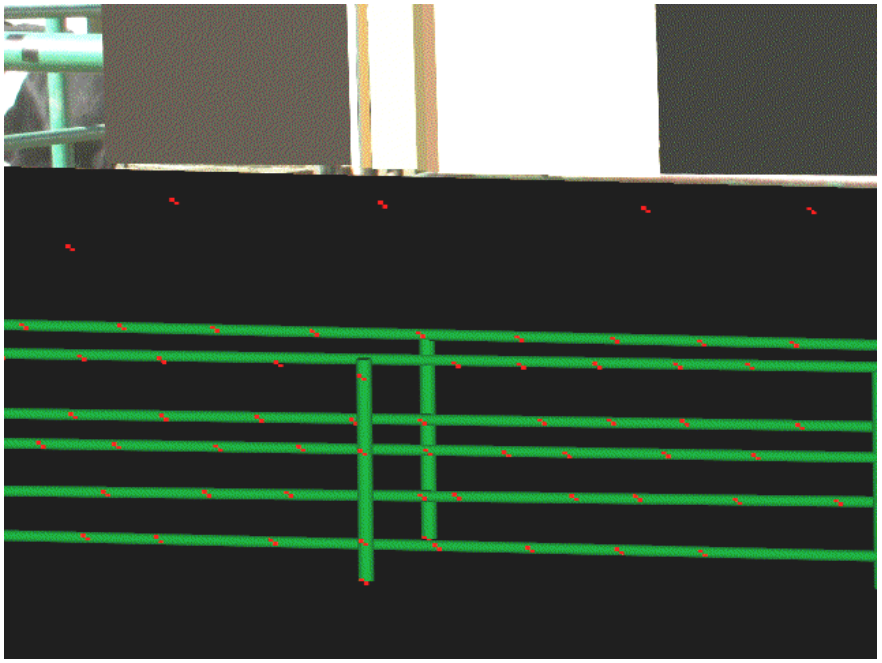
8.8 Çekim Ortamında Referans Noktalarının İşaretlenmesi ve 3B koordinatlarının Verilmesi

Sayısal görüntü alma işleminden önce, hayvanların geçecekleri ve tartımlarının yapılacağı yerlere sabitlenmiş referans nokta konumlarının belirlenmesi işlemi jeodezik metotlara göre yapılmıştır. Bu işlem için, *jeodezik* ölçü aletlerinden *total station* (Şekil 8.15) ile yatay açı, düşey açı ve mesafe ölçümleri yapılmıştır. Noktaların ölçümlerinde, *total station*'ın bulunduğu konum başlangıç noktası olarak alınmış ve bu noktaya lokal koordinat bilgisi verilmiştir. *Jeodezik* programlardan *Netcad* ile ölçülen yatay ve düşey açılar ve eğik mesafeler yardımıyla bütün referans noktalarına mm duyarlılığında 3B uzaysal koordinatlar (*spatial coordinates*) verilmiştir.



Şekil 8.15 *Total Station*

Netcad yazılımı ile koordinatları hesaplanan referans noktaların 3B koordinatlarını içeren sistemin, kartezyen koordinat eksenlerine adapte edilmesi gereklidir. Bunun için koordinat eksen değerleri değiştirilerek, görüntü analiz işlemine hazır hale getirilmiştir. Bu şekilde GA yazılımında kullanılacak olan referans 3B koordinat değerleri elde edilmiştir (Çizelge 8.3 ve 8.4). Referans noktalarının bulunduğu resim çekim mekanının *AutoCad* programında katı modellemesi yapılmış, belirlenen noktaların konumları bu modelde net olarak görülmüştür (Şekil 8.16).



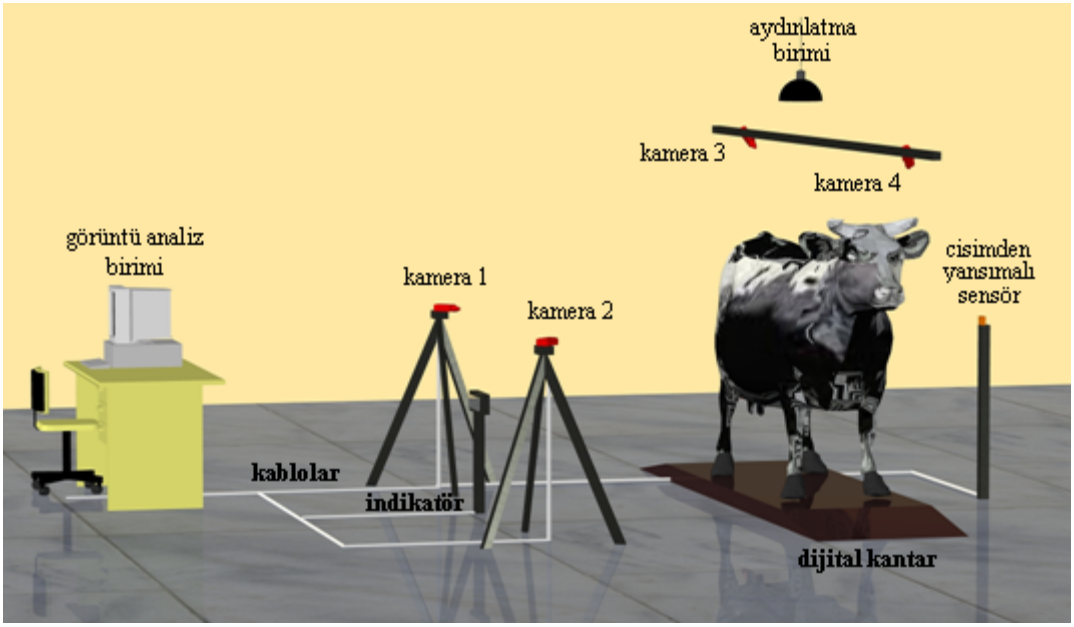
Şekil 8.16 Çekim ortamı AutoCad katı modellemesi

8.9 Çiftlik Alanında Deneysel Çalışma

8.9.1 Görüntü alma işlemi, yapılan çalışmanın blok diyagramı ve algoritması

İlk işlem olarak 115 holstein inek üzerinde elle ölçümler yapılarak bilgisayara kaydedilmiştir (Şekil 8.5.). Sonra aynı hayvanların CA'ları tartılarak belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla Taralsa dijital kantar uygun bir ortama yerleştirilmiş (Şekil 8.7) ve tartım işlemleri gerçekleştirilerek bilgisayara kaydedilmiştir. Bununla birlikte Sİ'in fotoğraflarının çekilmesi için açık mekanda bir stüdyo ortamı oluşturulmuştur. Yapılan çalışmayı ifade eden blok diyagram Şekil 8.17'de görülmektedir.

Şekil 8.17'deki deney düzeneğinde, fotoğrafların analiz işleminde fotogrametrik teknik kullanılıp görüntülerden boyut hesabı yapılacağı için, donanımsal birimler yardımıyla stereoskopik çekim tekniğine uygun sistemin kurulduğu bir fotoğraf çekim ortamı oluşturulmuştur.



Şekil 8.17 Görüntü alma birimi blok diyagramı

Fotoğraflardan, yani 2B görüntülerden, 3B bilgi elde edebilmek ve ölçümler yapabilmek için bazı koşulların oluşması gerekir. Bunlardan ilki aynı objenin en az iki farklı açıdan görüntüsünün alınması gerekmektedir. Hayvanların ölçümlerini metrik sisteme göre yapabilmek için ise, hayvanların geçtikleri ve fotoğraflarının çekileceği alanlara cisim uzay koordinatları bilinen belirli işaretler yerleştirilmeli ve ölçümleri yapılmalıdır. Şekil 8.17'deki görüntü alma blok diyagramında görüldüğü gibi, öncelikle Sİ'in en az iki farklı açıdan görüntüsünün alınması gerekmektedir. 2B'den 3B'ye dönüşüm yaparak, fotoğraflardan 3B ölçüm yapabilmek amacıyla kameralar kalibre edilmeli, kamera kalibrasyon değişkenleri hesaplanmalı ve fotoğraf çekim işlemleri gerçekleştirilmelidir. İşlenmemiş görüntülerde, görüntü alma aşamasında değişik nedenlerden dolayı bazı bozulmalar, özelliklede geometrik distorsiyonlar oluşabilmektedir. Sistematik hatalardan olan bu distorsiyonlar kalibrasyon ile düzeltilebilir.

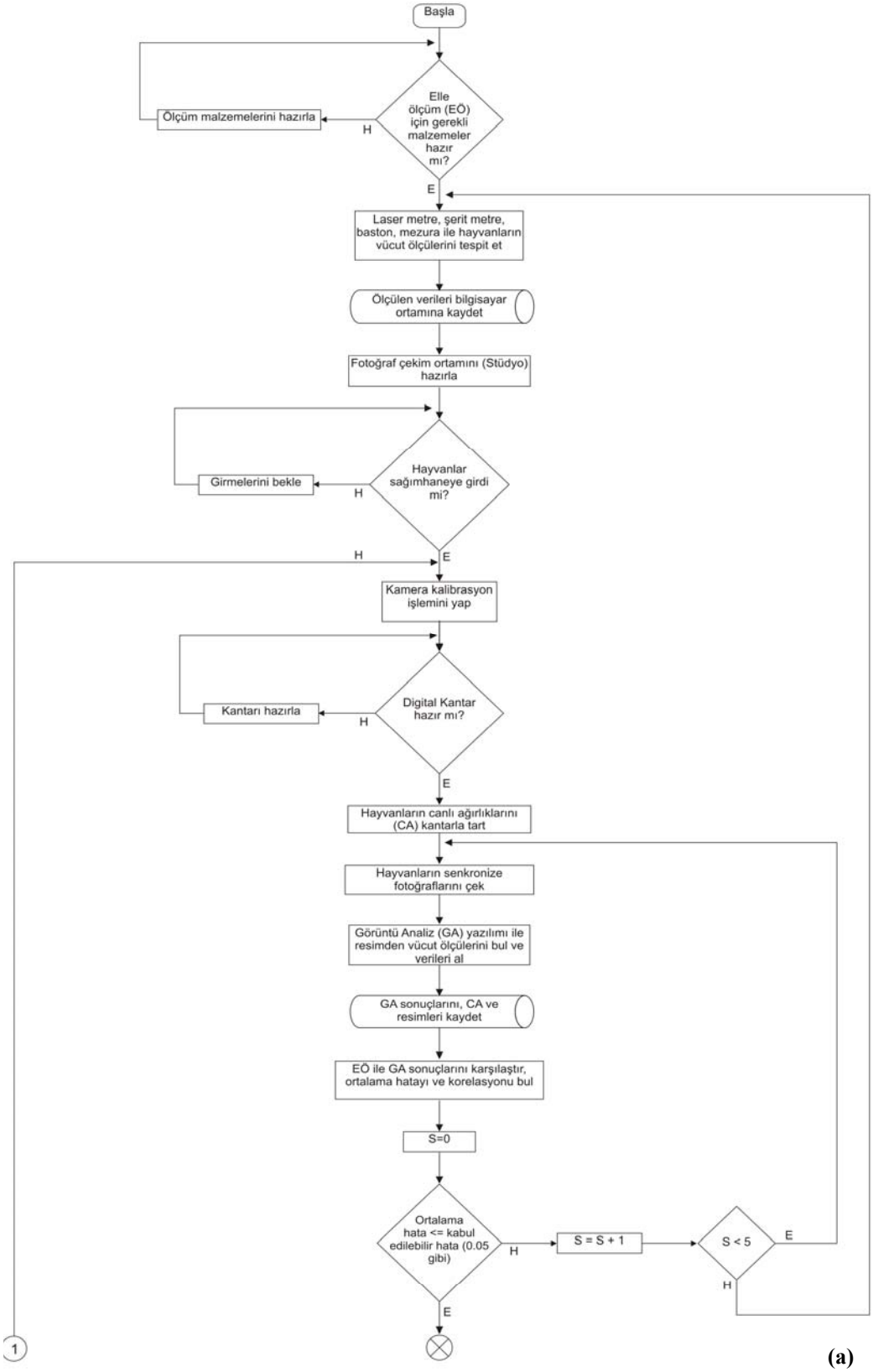
Kalibrasyon, ölçülen büyüklüğün gerçek değeri ile onu ölçen cihazın verdiği sonuç arasındaki ilişkiyi bulma işlemidir. Bu uygulamada 2B resim düzlemi ile 3B dünya koordinat sistemi arasındaki ilişki modellenerek kameralara ait parametreler hesaplanmış, bu şekilde resimler üzerindeki her piksel noktaya karşılık gelen 3B koordinatlar yardımıyla ölçümler gerçekleştirilmiştir. DLT (Bölüm 4.4.1) metodu

kullanılarak kameraları tanımlayan kalibrasyon parametreleri hesaplanmıştır. Bu işlem her fotoğraf çekim ve ölçüm işleminde tekrarlanmıştır. DLT yönteminin tercih edilme sebebi hızlı olması, yaklaşık değer gerektirmeyen, lineer çözüm yapabilen ve en yaygın olarak kullanılan bir dönüşüm metodu olmasından dolayıdır.

Bu amaçla, portatif kalibrasyon test düzeneğinin haricinde hayvanların devamlı geçiş koridorlarında bir stüdyo çekim ortamı oluşturularak, koordinatları ifade eden işaretlemeler çekimlerin sürekli olarak gerçekleştirildiği alanlara sabitlenmiştir (Şekil 21). Bu referans noktalar sayesinde, çekim mesafelerinden kaynaklanabilen farklılıklar giderilebilmiştir. Ölçümlerin daha net ve doğru yapılabilmesi için holstein siyah alaca inek fotoğrafları stüdyo çekim ortamında senkronize bir şekilde iki farklı yönden çekilmiştir.

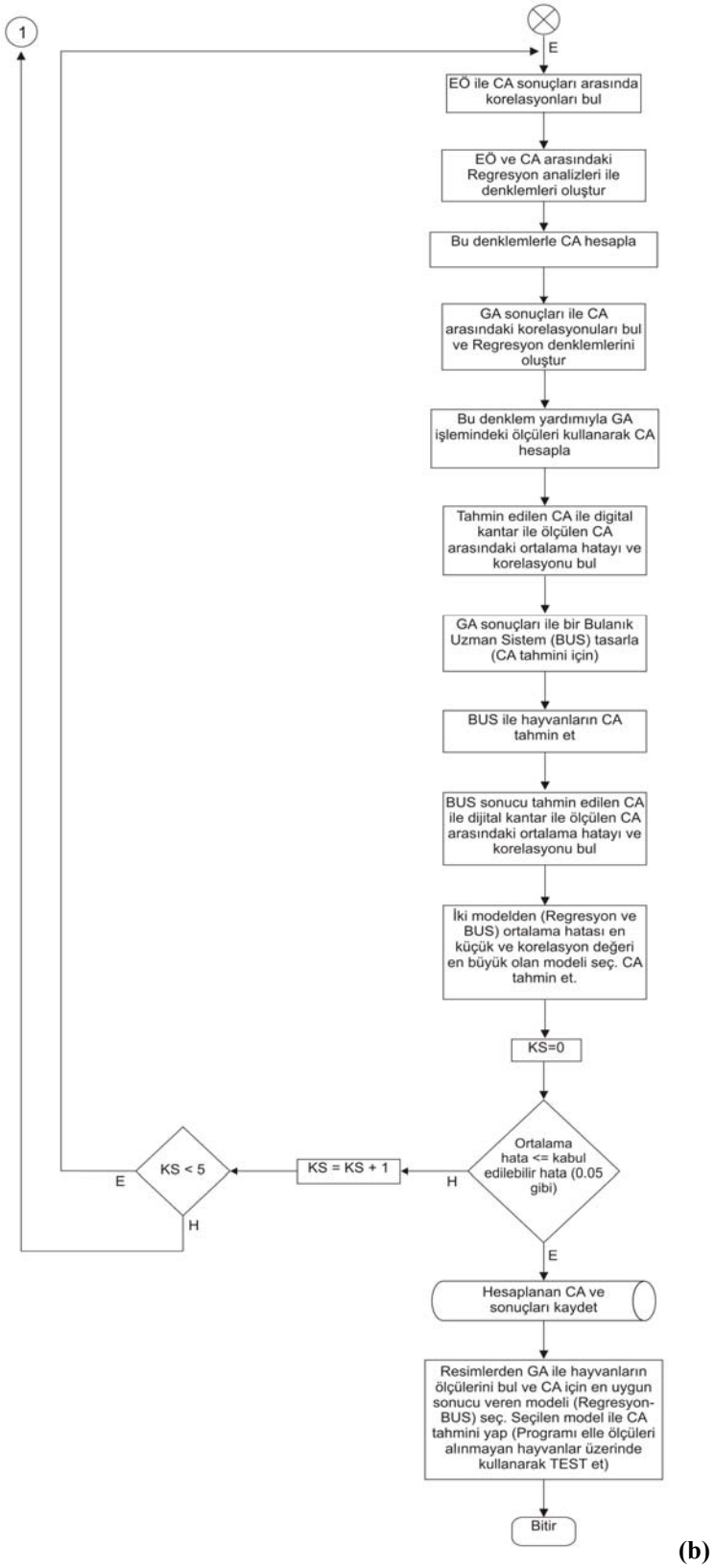
Yapılan çalışmayı ifade eden akış şeması Şekil 8.18'de ifade edilmektedir. Burada adım adım hangi işlemlerin ne amaçla gerçekleştirildiği belirtilmektedir. İlk aşamada Sİ'in vücut ölçüleri elle alınarak ölçülmüş, stüdyo çekim ortamında hem üst taraftan hem de hayvanın yan tarafından fotoğraflar hazırlanan stüdyo ortamında çekilmiştir. Üst tarafından fotoğraflar çekilirken aynı anda hayvanların taralsa DK ile ağırlıkları tartılmıştır. Çekim işlemi gerçekleştirilen fotoğraflar, canlı ağırlıklar ve tüm veriler bilgisayara kaydedilmiştir.

Yandan çekilen fotoğraflarla beraber GA yazılımı ile resimler değerlendirilerek ölçüler bulunmuştur. Elle alınan ve GA ile bulunan VÖ kıyaslanmış, korelasyonlar, hata kareler toplamı, hata kareler ortalaması, hata kareler ortalamasının karekökü, ortalama nispi doğruluk oranları ve ortalama nispi yüzde hatalar hesaplanmıştır (Şekil 8.18a). Bu işlemi takiben iki ayrı model (İRM ve BUS) ile CA tahmin işlemi gerçekleştirilmiştir. DK ve model sonuçları karşılaştırılmış, korelasyonlar ve determinasyon katsayıları, ortalama hatalar bulunarak sistemin performansı ortaya konmuştur. Ayrıca en iyi CA tahmini yapan model belirlenmiştir (Şekil 8.18b). Tüm bu adımlar ve yazılımla beraber yapılan işlemler akış diyagramında ifade edilmektedir.



(a) Birinci Aşama, (b) İkinci Aşama

Şekil 8.18 Blok Diyagrama ait yapılan tüm çalışmanın akış diyagramı



(a) Birinci Aşama, (b) İkinci Aşama

Şekil 8.18 Blok Diyagrama ait yapılan tüm çalışmanın akış diyagramı

8.9.2 Üstten ve yandan görüntü çekimleri ve GA yazılımı ile analiz edilmesi

Fotoğraf çekim alanı yani stüdyo ortamı, hayvanların sağımhane giriş ve çıkış geçiş mekanları düşünülerek belirlenmiştir. Ayrıca hayvanların dijital kantar ile tartılması da hedeflendiği için, imkanlar ölçüsünde sağımhane çıkışına görüntü alma birimleri kurulmuştur. CA'ların tartıldığı yer aynı zamanda üstten fotoğraf çekim alanı olarak ta kullanılmıştır (Şekil 8.19). Kameralar hem yandan çekim hem de üstten çekim işleminde ineğin tüm görüntüsünü alabilecek şekilde ve açılarla yerleştirilmiştir. İkişer kamera ile çekimlerde kamera objektifi odak uzaklığı 18-55mm olarak ayarlanabilir şekildedir. Fotoğraf çekim işleminde ineğin iki kamera kullanılarak platform ile beraber çekilmesi yani aynı kare içinde olması gerekmektedir. Bunun için uygun bir odak uzaklığı (22mm) gibi ayarlanarak çekimler yapılmıştır.



Şekil 8.19 Sİ'in üstten çekim ortamı, kameralar, dijital kantar ve bilgisayar bağlantısı

Ayrıca 3B görüntü elde edilerek GA sistemin matematiksel modelin doğru çalışabilmesi için, hem sağ ve hem de soldan kameraların ineği ve işaretli mekanı çekerken aynı noktaları görmesi gerekir. Bu ise kameralara uygun açılar verilerek sağlanmıştır. Sİ'lerin yandan çekim işlemi kantardan hemen sonra oluşturulan koridorda gerçekleştirilmiştir (Şekil 8.20).



Şekil 8.20 Sİ'in Yandan Çekim Ortamı, Kameralar ve Bilgisayar Bağlantıları

Yandan çekim ortamı için oluşturulan referans 3B koordinatları Çizelge 8.3'de ve üstten çekim için oluşturulan referans 3B koordinatları ise Çizelge 8.4'de görülmektedir. 3B koordinatları ifade eden ve Şekil 8.21'de işaretlenen noktalar her türlü alternatif düşünülerek çok sayıda belirlenmiştir. GA işleminde hazırlanan programda bu noktalar denenmiş, en doğru sonuçları veren koordinatlar seçilerek yazılıma girilmiştir.



(a) Soldan Çekim (b) Sağdan Çekim

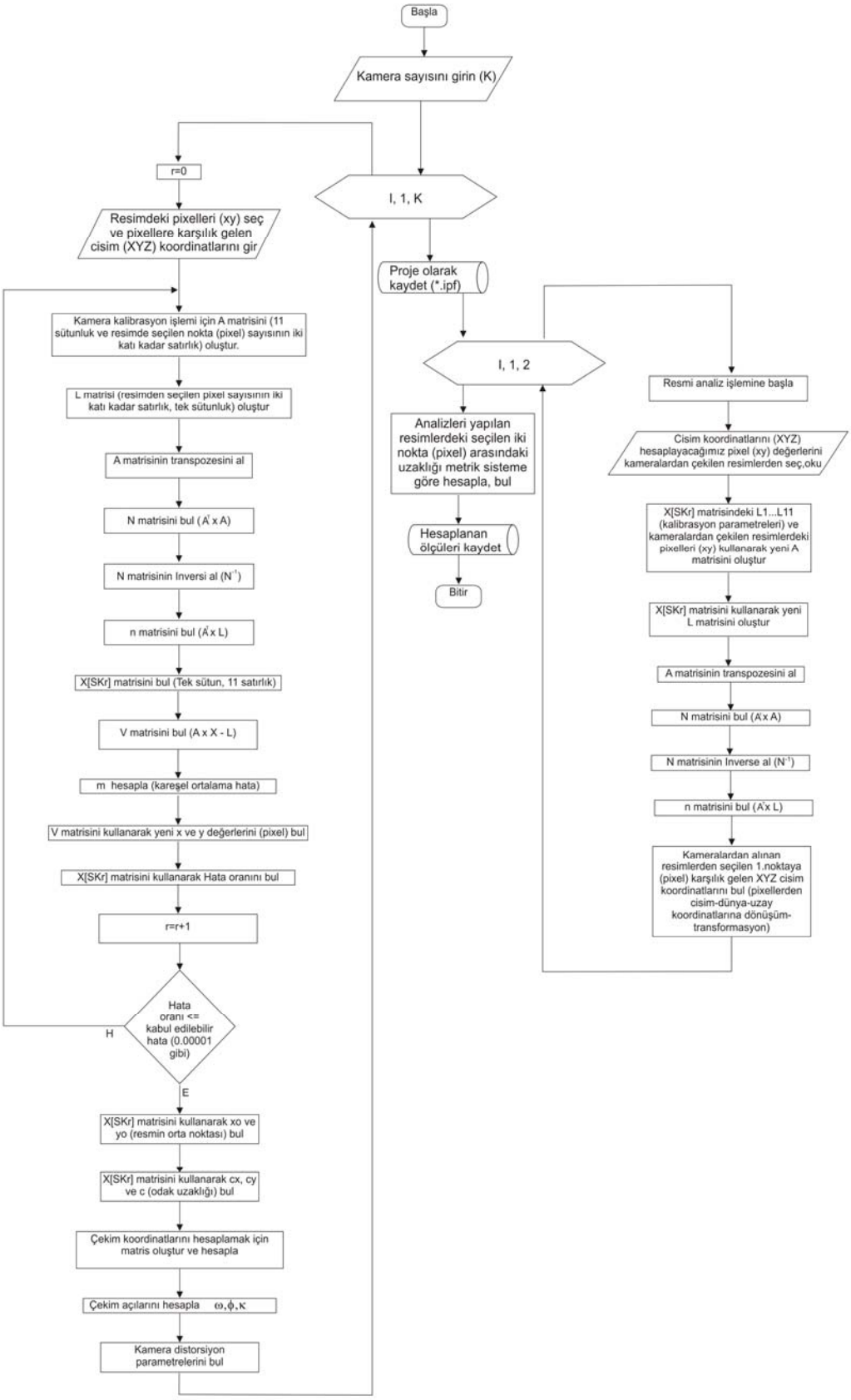
Şekil 8.21 Yandan fotoğraf çekim işlemi için oluşturulan alan ve sabitlenmiş 3B koordinatlara sahip referans noktalar

Yandan çekilen resimlerin GA yazılımı ile değerlendirmelerin yapılabilmesi için 9 nokta (Şekil 8.23), üstten çekim için 14 referans noktası (Şekil 8.24) yeterli olmuştur.

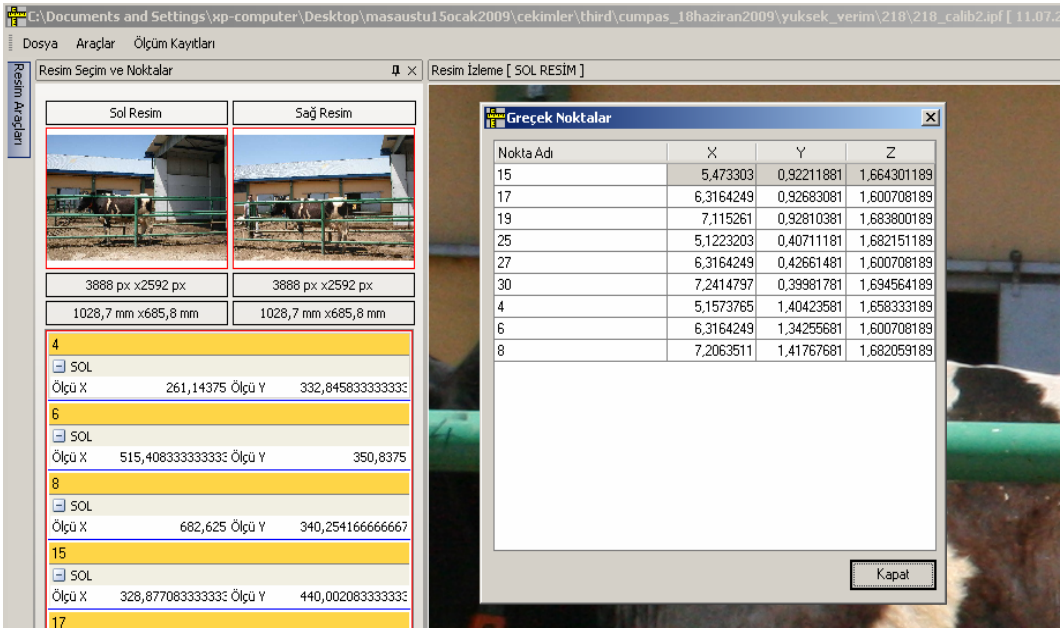
Çizelge 8.3. Yandan çekim alanı 3B koordinatları

YANDAN ÇEKİM ALANI 3B UZAY KOORDİNATLARI											
No	**X(m)**	**Y(m)**	**Z(m)**	**No**	**X(m)**	**Y(m)**	**Z(m)**	**No**	**X(m)**	**Y(m)**	**Z(m)**
1	3.627	1.401	1.634	25	5.122	0.407	1.682	49	7.750	0.941	3.050
2	4.241	1.403	1.643	26	5.778	0.407	1.680	50	8.408	0.935	3.056
3	4.706	1.406	1.646	27	6.316	0.427	1.601	51	4.442	0.471	3.029
4	5.157	1.404	1.658	28	6.316	0.210	1.601	52	5.019	0.482	3.035
5	5.822	1.397	1.670	29	6.712	0.401	1.687	53	5.485	0.490	3.041
6	6.316	1.343	1.601	30	7.241	0.400	1.695	54	5.938	0.488	3.043
7	6.835	1.416	1.678	31	7.749	0.403	1.702	56	6.247	0.492	3.050
8	7.206	1.418	1.682	32	8.224	0.401	1.708	57	6.252	0.251	3.110
9	7.639	1.429	1.691	33	3.987	1.387	3.027	58	6.440	0.497	3.063
10	8.096	1.437	1.706	34	4.545	1.396	3.033	59	7.112	0.510	3.055
11	8.508	1.445	1.701	35	5.076	1.396	3.036	60	7.476	0.514	3.058
12	3.723	0.913	1.637	36	5.645	1.388	3.037	61	8.044	0.509	3.064
13	4.463	0.916	1.657	37	6.247	1.392	3.050	62	8.619	0.517	3.068
14	4.895	0.923	1.657	38	6.814	1.385	3.040	63	3.320	1.380	6.346
15	5.473	0.922	1.664	39	7.359	1.390	3.042	64	3.476	1.440	7.912
16	5.943	0.931	1.679	40	7.859	1.387	3.033	65	4.656	1.446	7.950
17	6.316	0.927	1.601	41	8.383	1.392	3.044	66	6.170	1.460	7.914
18	6.669	0.927	1.679	42	4.259	0.896	3.039	67	7.082	1.460	8.036
19	7.115	0.928	1.684	43	4.778	0.899	3.038	68	8.014	1.471	8.073
20	7.462	0.930	1.689	44	5.322	0.905	3.040	69	9.100	2.508	7.985
21	8.024	0.943	1.699	45	5.859	0.915	3.042	70	9.141	2.299	7.989
22	8.533	0.943	1.714	46	6.247	0.921	3.050	71	9.141	2.018	7.989
23	4.044	0.403	1.647	47	6.938	0.925	3.045	72	0.889	2.901	18.337
24	4.709	0.410	1.667	48	7.333	0.934	3.047	73	2.717	2.896	18.359

DLT eşitlikleri ile direkt olarak, resim koordinatlarından uzay koordinatlarına ulaşmak mümkündür. Bu ilişki modeline uygun, 3 boyutlu koordinat değerleri bilinen yandan çekim için 9 (Şekil 8.23), üstten çekim için 14 (Şekil 8.24) referans kontrol noktası kullanılarak, DLT metodu yardımıyla kameraları tanımlayan kalibrasyon parametreleri hesaplanmıştır. Bu şekilde, resim düzlemi ile cisim uzay koordinat sistemi arasındaki dönüşüm gerçekleştirilebilecektir. Kalibrasyon işlemi, *Delphi* Programlama dilinde geliştirilen GA yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Yazılım algoritmasını ifade eden akış diyagramı Şekil 8.22'de görülmektedir. Bu yazılım aracılığıyla sağ ve sol resimlerden piksel değerleri okunmuş ve ardından üç boyutlu koordinatlar kullanılarak matematiksel işlemlerle dönüşüm işlemi gerçekleştirilmiştir.



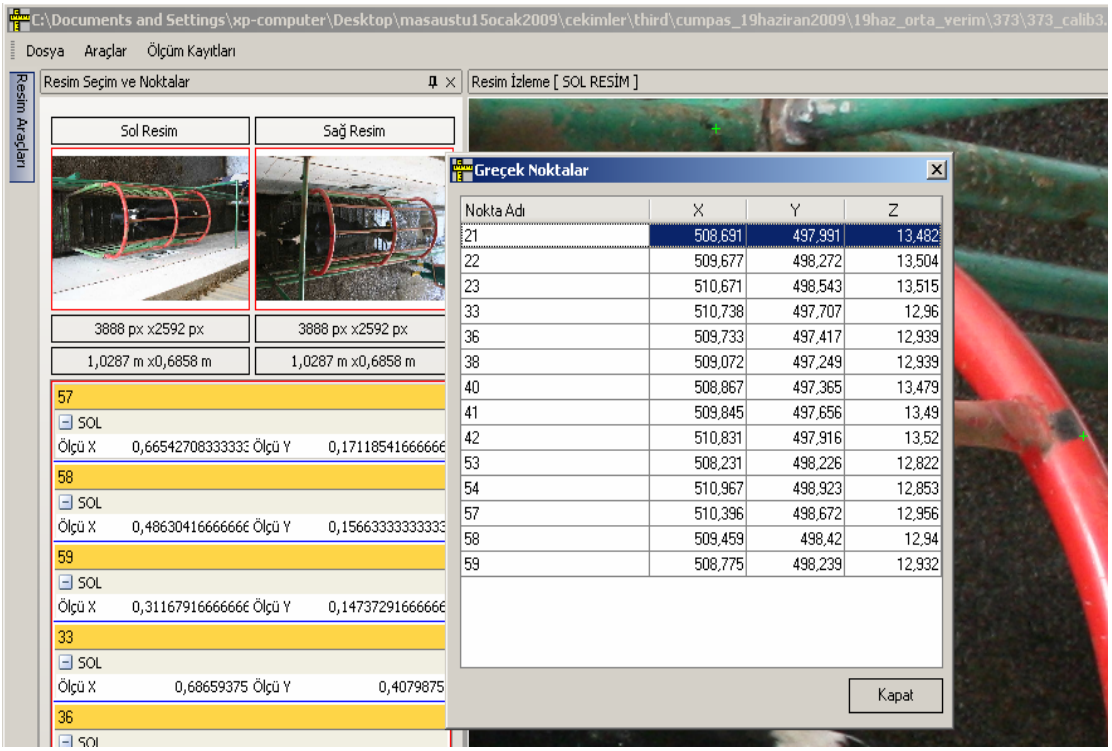
Şekil 8.22 DLT ile kamera kalibrasyon ve GA işlemi akış diyagramı



Şekil 8.23 Yandan çekilen fotoğrafların GA yazılımı ile değerlendirilmesinde kullanılan 3B referans noktaları

Çizelge 8.4. Üstten çekim alanı 3B koordinatları

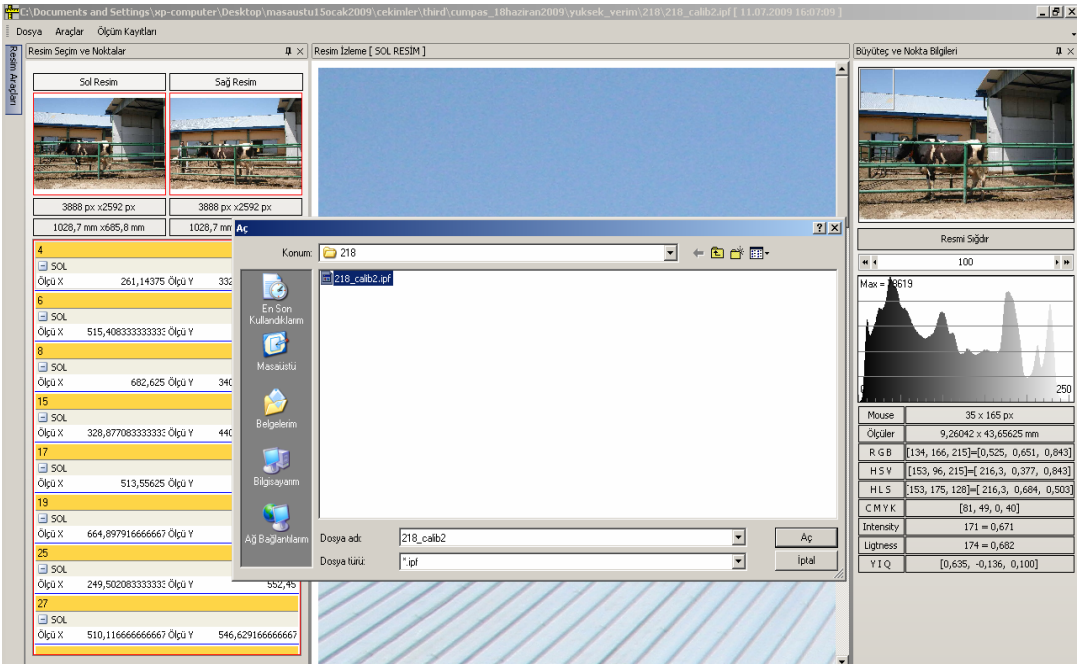
ÜSTTEN ÇEKİM ALANI 3B UZAY KOORDİNATLARI										
No	**X(m)**	**Y(m)**	**Z(m)**	**No**	**X(m)**	**Y(m)**	**Z(m)**	**No**	**X(m)**	**Y(m)**	**Z(m)**
1	511.016	499.009	11.671	21	508.691	497.991	13.482	41	509.845	497.656	13.490
2	509.740	498.598	11.949	22	509.677	498.272	13.504	42	510.831	497.916	13.520
3	509.081	498.404	11.953	23	510.671	498.543	13.515	43	510.867	497.738	13.295
4	508.309	498.255	11.636	24	510.748	498.245	13.624	44	509.875	497.484	13.274
5	508.269	498.259	12.001	25	509.771	497.967	13.612	45	508.910	497.200	13.265
6	508.220	498.270	12.425	26	508.787	497.672	13.587	46	509.169	497.225	11.790
7	508.998	498.397	12.384	27	508.591	497.031	13.309	47	509.892	497.432	11.803
8	509.689	498.598	12.382	28	508.881	497.238	13.220	48	510.818	497.697	11.835
9	511.067	499.026	12.403	29	509.858	497.542	13.243	49	510.538	498.686	11.812
10	511.802	499.186	12.843	30	510.846	497.786	13.264	50	509.644	498.435	11.791
11	511.067	499.025	12.816	31	511.143	497.691	13.303	51	508.907	498.237	11.778
12	509.617	498.586	12.831	32	510.873	497.769	12.977	52	507.858	498.037	12.818
13	508.958	498.396	12.815	33	510.738	497.707	12.960	53	508.231	498.226	12.822
14	508.210	498.274	12.781	34	510.557	497.540	13.055	54	510.967	498.923	12.853
15	508.705	498.237	12.917	35	509.890	497.503	12.944	55	511.097	499.021	11.977
16	509.637	498.518	12.922	36	509.733	497.417	12.939	56	511.068	499.154	13.931
17	510.619	498.773	12.953	37	509.177	497.181	13.066	57	510.396	498.672	12.956
18	510.615	498.733	13.258	38	509.072	497.249	12.939	58	509.459	498.420	12.940
19	509.637	498.456	13.268	39	508.902	497.241	12.933	59	508.775	498.239	12.932
20	508.643	498.191	13.234	40	508.867	497.365	13.479	60	506.763	497.838	13.827



Şekil 8.24 Üstten çekilen fotoğrafların GA yazılımı ile değerlendirilmesinde kullanılan 3B referans noktaları

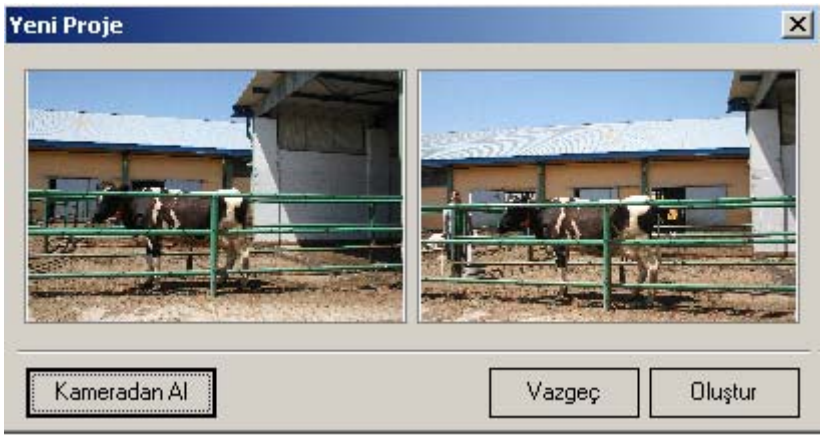
Sağımhane çıkışına kurulan bu düzenek yardımıyla her hayvan için yandan iki farklı açıdan ve ayrıca üstten iki farklı açıdan, *Canon* EOS400D resim çekme birimleri ile senkronize ve stereo olarak fotoğraflar çekilmiştir. Kameraların fotoğraf çekimini eş zamanlı yapabilmesi için *Canon* marka fotoğrafları destekleyen *DSLR Remote Pro Multi-Camera* v.1.2.1 programı kullanılmış ve *Delphi* programlama dilinde geliştirilen görsel GA yazılımına (Şekil 8.25) entegre edilmiştir. Yazılım ve mikrodenetleyici destekli fotoğraf çekim ünitesi ile fotoğraflar otomatik çekilerek analize hazır hale getirilmiştir.

GA yazılımına 3B referans noktaların girilmesi ve otomatik senkronize çekim işleminin gerçekleştirilmesi ile resimlerin analiz işlemi için hazır hale getirilmiştir. Kullanılan yazılım ve donanım bileşenleri bu şekilde tez uygulama çalışmasında kullanılmıştır.



Şekil 8.25 *Delphi* programlama dilinde geliştirilen GA yazılımı arayüzü

Senkronize bir şekilde sağ ve sol taraftan fotoğraf çekim işlemini yapabilen program arayüzü Şekil 8.26'da görülmektedir.



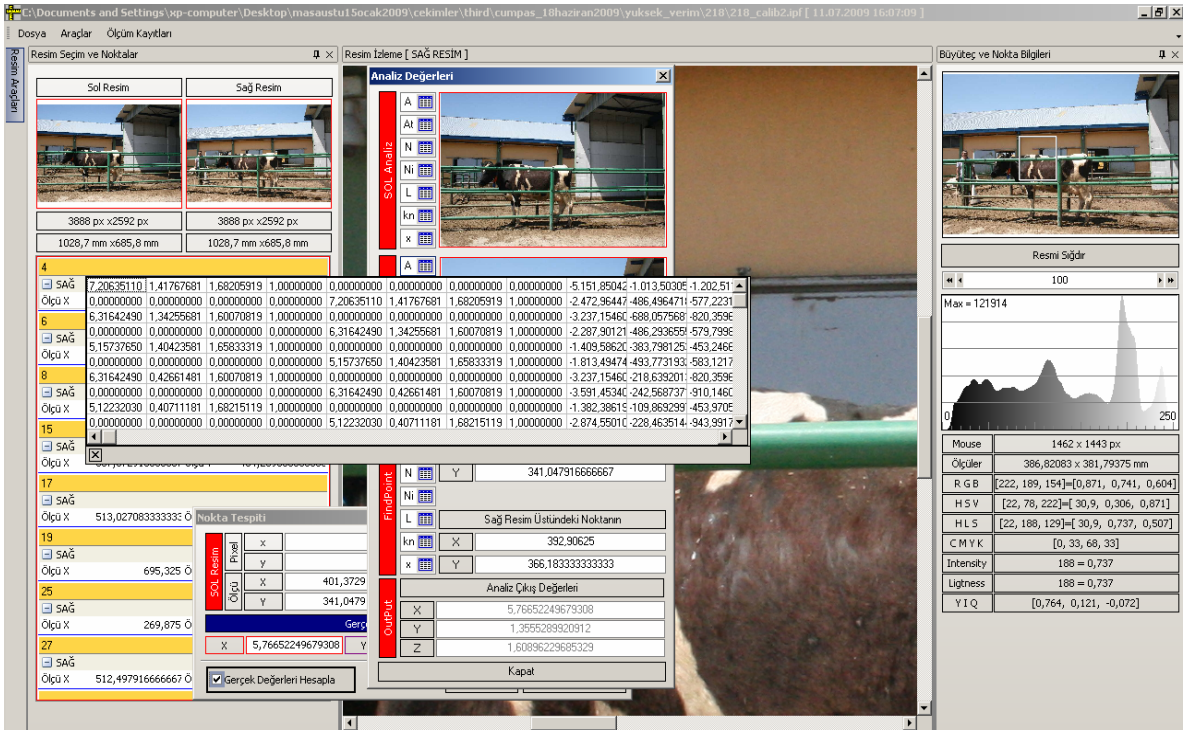
Şekil 8.26 Sİ'in sağdan ve soldan senkronize çekilen fotoğraflarının otomatik GA yazılımına aktarılması

Böylece önceden ağırlıkları ve elle ölçülen vücut ölçüleri bilgisayara kaydedilen aynı hayvanlara ait resimler de yandan ve üstten toplam dört ayrı kamera ile çekilerek kayıt ortamına alınmıştır. Çekilen resimler belirlenen referans

noktalardan yararlanılarak, GA yazılımı aracılığıyla bilgisayar ortamında değerlendirilerek ineklerin vücut ölçüleri hesaplanmıştır.

Resimlerin analiz işlemi, sağdan ve soldan senkronize alınan resimlerin her ikisi de kullanılarak gerçekleştirilir. Şekil 8.22'de GA işleminin adımsal olarak hangi aşamalardan geçerek yapıldığı görülmektedir.

Birinci adım, GA yazılımında, referans noktaların koordinatlarının sağdan-soldan stereo çekilen resimlere girilmesi işlemdir. Yandan çekimlerde dokuz adet 3B (X,Y,Z) referans (Şekil 8.23, Çizelge 8.3) koordinatları resim üzerinden *mouse* ile işaretlenerek program arayüzü ile sisteme girilmektedir. Sağdan-soldan alınan resimlerde bu belirlenen 3B noktalara ait pikseller (x,y) *mouse* ile işaretlenerek tek tek seçilir. Bu piksellere karşılık gelen 3B cisim koordinatları sağ ve soldan alınan her resim için ayrı ayrı GA yazılımına girilmektedir (Şekil 8.21). Kamera kalibrasyon işlemi için kullanılacak temel A matrisi (denklem 4.10) DLT yöntemine göre oluşturulur. 9 nokta seçildiği için temel A matrisi 11 sütun ve 18 satırdan oluşmaktadır (Şekil 8.27).



Şekil 8.27 DLT ile hesaplanan parametrelerin GA yazılımı arayüzü

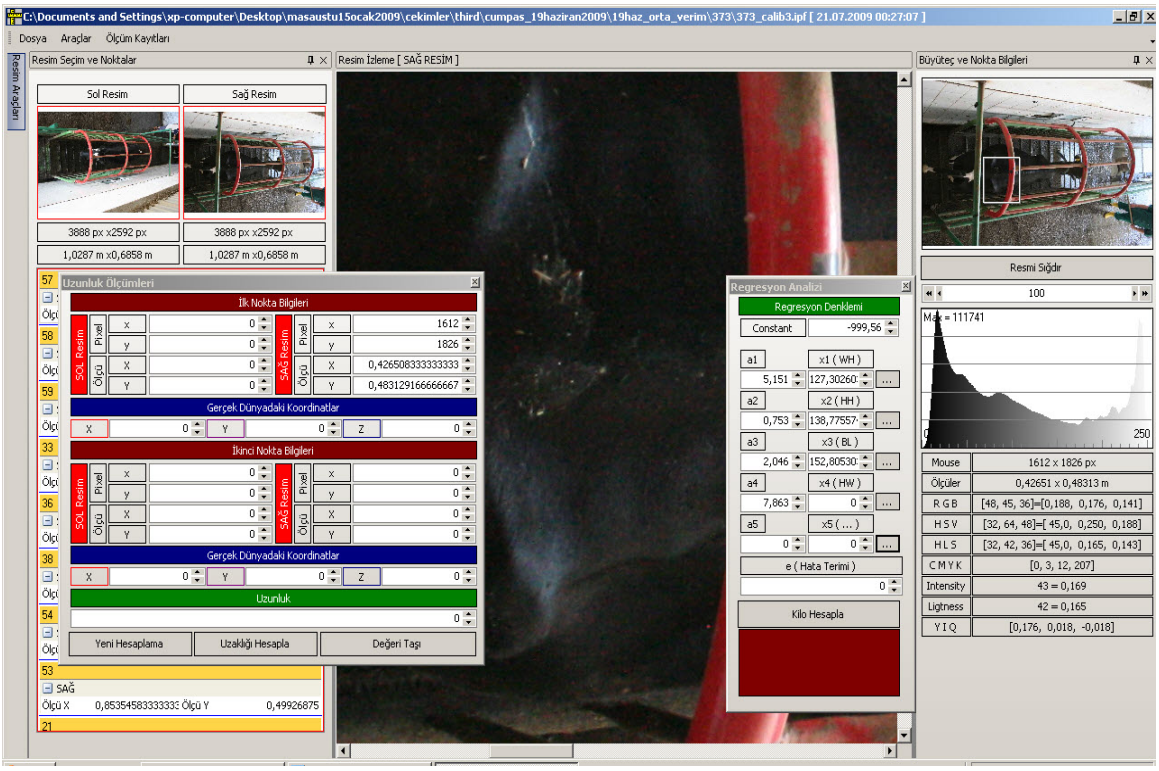
Matematik modeli bölüm 4.4.1'de verilen DLT yönteminde işlemler adım adım ve sırasıyla gerçekleştirilir. Sağ ve sol resimden işaretlenen 9 piksel (x,y) ile L matrisi (denklem 4.11) oluşturulur. L matrisi tek sütun ve 18 satırdan oluşmaktadır. Daha sonraki adımda ise DLT yöntemini ifade eden işlemler, A matrisin *transpozesi*, N matrisi, n matrisi, X matrisi, V matrisi sırasıyla hesaplanır. m_0 (denklem 4.18) hata oranı hesaplanır, gerekirse V matrisi (denklem 4.17) ile yeni pikseller oluşturularak, iterasyon ile tekrarlı olarak belirlenen hata oranına kadar işlemler tekrar edilir. Bu arada resim orta noktası (x_0,y_0), odak uzaklığı (c) (denklem 4.19), çekim koordinatları (X_0,Y_0,X_0) ve açıları (ω,φ,κ) (denklem 4.20) gibi kamera parametreleri bulunur. Yani bu aşamalar ile kamera kalibrasyon işlemi ile elde edilen parametreler bulunmuş olmaktadır. Bulunan bu kamera kalibrasyon değişkenleri hem sağ hem de sol resim için DLT yöntemi ile GA yazılımında ayrı ayrı hesaplanmaktadır. GA yazılımı ile yapılan bu işlemler ile bir proje (*.ipf) (Şekil 8.25) olarak kaydedilmektedir. Her resim bu şekilde işlenerek elde edilen sonuçlar bilgisayara daha sonra yapılabilecek analizler için kaydedilmektedir.

8.9.3 Görüntü üzerinde piksel 2B'den 3B XYZ koordinatların bulunması

GA yazılımında daha sonraki aşama, görüntü üzerinde istenilen bir piksel noktanın 3B koordinatlarının bulunması işlemidir. İşaretlenen her piksel (x,y) noktanın karşılığı olarak bir 3B (X,Y,Z) koordinat değeri DLT ile hesaplanabilmektedir. Şekil 8.22 incelendiğinde bu aşamaların adımsal olarak nasıl gerçekleştiği görülmektedir. Sağ ve soldan alınan resimlerin işlenmesi ile elde edilen kalibrasyon parametreleri kullanılarak, sağ (x_1,y_1) ve sol (x_2,y_2) resimlerde işaretlenen piksel noktalar da dahil edilerek yeni bir A matrisi (denklem 4.22) ve ardından L matrisi oluşturulmuştur. İşlemler prosedürsel olarak gerçekleştirilerek, 2B pikselden (x,y), 3B (X,Y,Z) koordinatlara dönüşüm gerçekleştirilmiş olmaktadır. Bu şekilde resim üzerinde seçilen herhangi bir pikselin sistem üzerinde karşılığı olan XYZ değerleri bulunmuştur. Resimde diğer ikinci piksel noktanın karşılığı olan 3B değerleri de bulunduğunda, iki piksel nokta arasındaki uzaklık formülü denklem (denklem 3.2) ile üç boyutlu olarak hesaplanabilmiştir. GA yazılımı ile yandan

çekilen resimler analiz edilerek CY, SY ve BU bu şekilde hesaplanmaktadır (Çizelge 8.5).

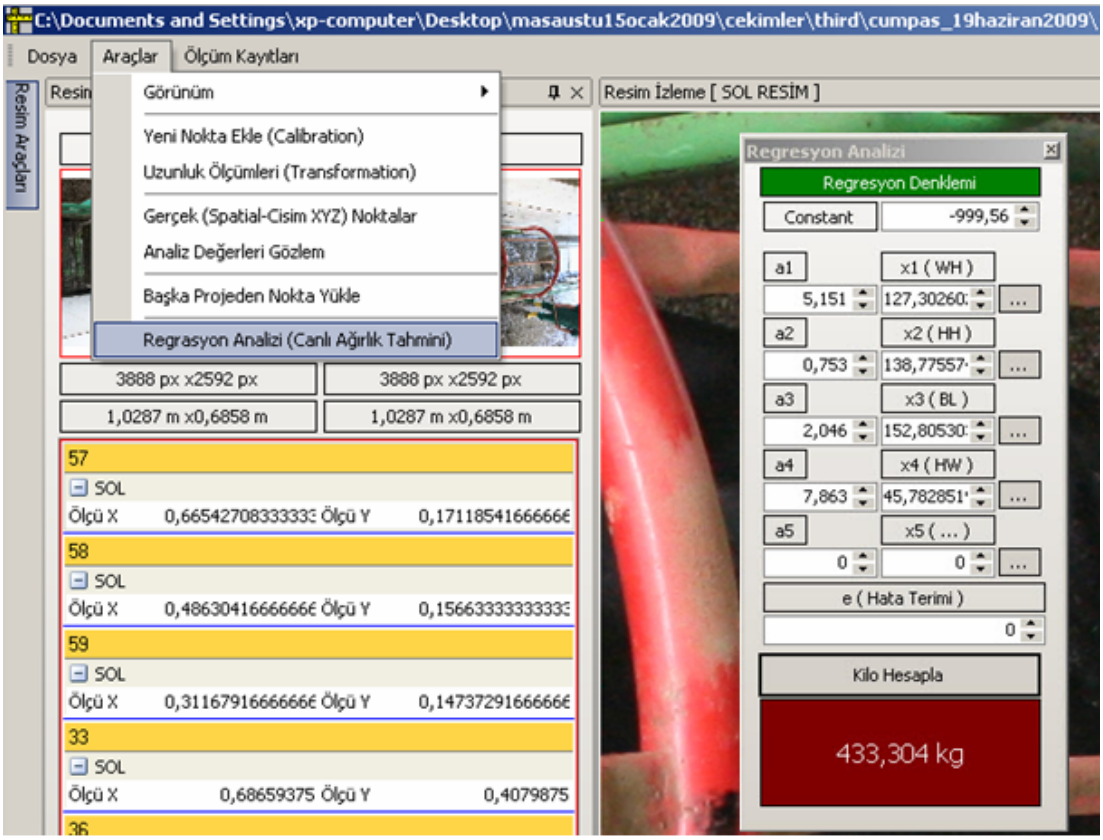
Üstten çekilen fotoğraflar üzerinden ölçümler aynı aşamalar gerçekleştirilerek yapılmaktadır. Üstten alınan resimlerin GA yazılımı ile analiz edilmesinde, Çizelge 8.4'ten belirlenen 14 uzaysal 3B koordinat değerleri, yazılıma (Şekil 8.24) girilmiştir ve hesaplamalarda kullanılmıştır. Şekil 22'de ifade edilen algoritma takip edilerek SG üst sağ ve soldan senkronize resimlerin GA yazılımı ile analiz edilmesiyle bulunmuştur (Şekil 28).



Şekil 8.28 Sİ'in senkronize (üstten) çekilen fotoğraflarının analiz edilerek VÖ bulunması işlemi

Bu ölçüler (CY, SY, BU ve SG) kullanılarak *SPSS* programında oluşturulan tekli ve çoklu doğrusal regresyon denklemleri içerisinde iyi sonucu veren çoklu doğrusal regresyon denklemi 8.1, GA yazılımına entegre edilmiştir. Böylece CA Şekil 8.29'daki gibi hesaplanarak bulunmaktadır.

$$CA= -999.56+5.151*CY+0.753*SY+2.046*BU+7.863*SG \quad (8.1)$$



Şekil 8.29 Sİ'in senkronize çekilen fotoğraflarının GA yazılımı ile değerlendirilmesi ve İRM ile canlı ağırlık tahmini

GA ile elde edilen tüm Vücut ölçüleri (CY, SY, BU, SG) ve canlı ağırlık değerleri GA yazılımında hesaplandıktan sonra, *Microsoft Excel* ortamına atılarak kaydedilebilmektedir.

8.10 GA ve elle alınan VÖ karşılaştırmalı sonuçları

Çalışmada, Sİ'in CY, SY, BU ve SG ölçüleri hem elle alınmakta, hem de GA yöntemi kullanılarak oluşturulan yazılım aracılığıyla değerlendirilerek elde edilmektedir. Elle VÖ alınan Sİ'in üstten ve yandan alınan resimleri, GA yazılımı ile analiz edilmiştir. Analiz işlemi sonucunda elde edilen veriler ile elle ölçüm sonuçları Çizelge 8.5'de karşılaştırmalı olarak görülmektedir. Bu aşamada ayrıca dijital kantar ile aynı hayvanların CA'ları tartılarak ölçülmüştür.

Çizelge 8.5. Elle alınan VÖ, GA ile bulunan sonuçlar ve dijital kantar ile tartılan CA

SNo	GA VÖ				CA	EA VÖ				SNo	GA VÖ				CA	EA VÖ			
	CY	SY	BU	SG	(DK)	CY	SY	BU	SG		CY	SY	BU	SG	(DK)	CY	SY	BU	SG
1	135	138	166	54	550.5	135	135	167	56	59	131	137	155	49	482.0	139	142	148	54
2	135	138	165	52	525.0	138	137	163	54	60	134	138	159	51	518.0	130	136	154	54
3	134	137	166	55	563.5	130	139	155	54	61	133	134	162	50	500.0	137	136	168	53
4	132	134	156	50	493.5	134	136	152	54	62	135	138	162	54	545.0	140	141	157	52
5	140	145	171	57	633.5	142	141	165	62	63	135	137	165	53	548.5	136	140	158	57
6	145	145	175	65	771.0	144	143	171	52	64	138	146	168	57	602.5	138	144	170	49
7	143	143	174	61	697.5	135	139	168	59	65	135	139	157	52	511.0	137	139	152	52
8	135	139	167	52	571.0	137	142	162	51	66	135	140	165	53	558.0	131	137	167	55
9	142	149	175	60	674.0	145	147	172	63	67	136	140	165	53	579.5	137	148	170	53
10	136	138	169	53	545.0	142	140	173	57	68	141	146	164	59	653.0	138	144	158	54
11	138	145	169	56	599.5	140	143	172	55	69	132	133	163	53	536.5	129	133	153	53
12	134	139	165	53	556.5	135	137	162	53	70	136	140	166	53	561.0	133	140	164	54
13	140	145	171	58	633.5	142	142	168	57	71	134	137	165	54	548.5	138	137	162	54
14	138	143	165	56	584.0	142	145	167	59	72	137	140	167	55	574.5	141	146	172	56
15	140	145	170	58	633.5	143	146	171	56	73	130	133	155	49	474.0	135	136	158	53
16	135	139	162	54	553.0	136	142	158	53	74	131	134	153	49	476.5	137	140	140	48
17	140	145	170	59	645.5	139	136	167	54	75	141	145	168	60	659.0	143	145	168	55
18	141	146	172	60	659.5	145	145	168	56	76	134	137	164	53	535.0	139	138	162	50
19	139	148	169	60	626.5	136	149	172	62	77	135	138	165	53	530.0	139	139	167	53
20	138	145	166	57	598.0	139	145	163	60	78	136	139	162	55	568.0	132	138	153	52
21	140	145	173	55	638.0	140	142	175	54	79	139	140	168	53	576.5	145	146	163	57
22	136	138	162	50	544.0	137	142	162	49	80	130	131	160	48	469.0	128	133	156	53
23	140	141	167	58	643.0	135	136	165	54	81	133	135	158	51	503.5	133	135	155	52
24	142	147	171	60	661.5	141	145	168	56	82	129	132	152	47	450.5	130	136	157	49
25	143	149	174	60	689.5	150	147	169	57	83	135	136	161	55	565.0	134	135	162	55
26	139	147	170	58	614.5	138	141	164	56	84	138	140	157	56	582.0	141	140	157	52
27	140	145	177	57	632.5	146	146	176	59	85	132	135	154	50	495.5	126	134	150	55
28	140	146	162	58	636.5	139	140	167	60	86	138	146	169	52	600.0	142	148	175	50
29	134	136	166	54	561.5	132	134	165	51	87	129	132	156	50	497.0	128	136	157	51
30	139	147	170	55	622.0	139	141	170	55	88	141	140	172	59	655.5	141	142	173	59
31	137	140	165	55	574.5	133	139	155	50	89	134	137	157	54	555.0	139	141	148	50
32	141	146	171	59	650.5	138	141	178	56	90	129	130	155	48	468.5	130	133	160	49
33	138	146	169	57	601.0	141	140	164	54	91	136	139	161	51	554.0	140	145	161	52
34	139	148	170	58	625.0	139	143	175	62	92	132	137	157	53	526.5	132	136	158	50
35	139	143	164	54	588.0	143	139	162	55	93	138	145	164	56	584.5	136	142	165	54
36	139	145	171	57	610.0	144	144	165	58	94	138	140	167	57	582.0	138	138	167	59
37	137	140	168	54	578.5	141	138	165	55	95	149	147	165	57	611.0	145	148	163	59
38	140	145	172	59	635.0	142	146	166	60	96	130	138	158	49	478.5	134	142	158	53
39	138	139	165	56	583.5	142	146	152	59	97	139	149	170	58	623.5	140	147	173	55
40	140	142	170	59	644.0	135	143	169	54	98	135	137	160	52	529.5	137	140	162	53
41	137	145	165	54	596.5	140	140	166	52	99	135	138	166	53	550.5	137	142	166	52
42	137	140	167	53	569.5	134	137	168	54	100	132	137	158	51	499.0	136	139	156	52
43	137	144	167	54	595.0	139	144	166	57	101	134	136	154	51	504.0	139	140	152	51
44	134	137	159	53	539.0	139	135	162	58	102	133	136	160	51	503.0	130	138	160	47
45	144	145	173	62	702.0	136	143	168	57	103	138	139	165	51	583.5	139	139	162	53
46	139	144	168	53	592.5	136	140	166	57	104	135	138	164	50	547.0	135	136	160	52
47	136	141	166	56	567.5	139	148	168	57	105	129	135	154	49	480.0	128	135	150	46
48	136	139	167	53	568.0	139	142	166	52	106	130	134	154	48	462.0	129	139	154	54
49	135	135	158	52	525.5	134	138	160	54	107	125	134	154	45	409.5	132	137	156	49
50	138	145	169	57	599.0	139	142	168	59	108	132	136	160	51	500.5	143	146	161	50
51	144	149	172	61	697.5	145	153	170	63	109	127	139	153	46	438.5	133	137	152	48
52	137	140	163	56	568.5	143	146	163	55	110	128	131	154	46	446.5	129	136	153	56
53	145	148	173	64	737.0	148	152	173	66	111	134	137	165	53	532.5	137	140	155	53
54	137	138	159	53	542.0	140	141	164	56	112	130	132	148	47	450.5	144	137	148	52
55	142	143	181	59	671.0	146	143	179	57	113	134	138	155	52	506.5	134	141	152	55
56	139	144	168	55	588.5	141	143	171	59	114	135	141	165	53	581.0	136	141	168	56
57	131	135	156	50	489.5	137	142	156	51	115	136	141	159	52	564.0	142	141	161	55
58	134	139	160	54	552.0	144	139	149	53										

Yapılan işlemlerin doğruluk ve hata oranlarının da hesaplanması ve hangi metodun veya denklemin daha yakın sonuçlar verebildiğinin test edilerek bulunması, sistemin performansı açısından önemlidir. Gerçekleştirilen modelden elde edilen tahminsel değerleri deneysel verilerle karşılaştırarak sistemin performansı belirlenmiştir. Bu işlemler için bazı istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Bunlar, Hata kareler toplamı (SSE) (denklem 8.2), hata kareler ortalaması (MSE) (denklem 8.3), hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) (denklem 8.4), determinasyon (belirleme) katsayısı (R^2) (denklem 6.19) ve korelasyon (ilişki) katsayısı (r) (denklem 6.1), ortalama nispi yüzde hata (MRE) (denklem 8.5), ortalama nispi yüzde doğruluk (MRA) (denklem 8.2) değerlendirmeleridir (Sarıtaş 2008, Sayın ve ark. 2007). Bu istatistiksel karşılaştırmalar tez çalışmasında hem VÖ'nin hem de CA'ların kıyaslanması işlemlerinde kullanılmıştır.

$$SSE = \sum_{i=1}^{n} (d_i - O_i)^2 \tag{8.2}$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (d_i - O_i)^2 \tag{8.3}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (d_i - O_i)^2} \tag{8.4}$$

$$MRE(\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left(100 \times \frac{|d_i - O_i|}{d_i} \right) \tag{8.5}$$

$$MRA(\%) = 100 - MRE \tag{8.6}$$

Burada d_i hedeflenen veya gerçek değer (elle ölçüm ve dijital kantar), O_i çıkış veya tahmin edilen değer (İRM ve BUS), n çıkış verileri sayısıdır.

EA vücut ölçüsü değerleri ile GA sonuçları karşılaştırmalı olarak denklemler 8.2-8.6 ile sırasıyla değerlendirilmiştir. İstatistiksel sonuçlar Çizelge 8.6'da görülmektedir.

Çizelge 8.6. Elle alınan VÖ ile GA sonuçlarının karşılaştırılması

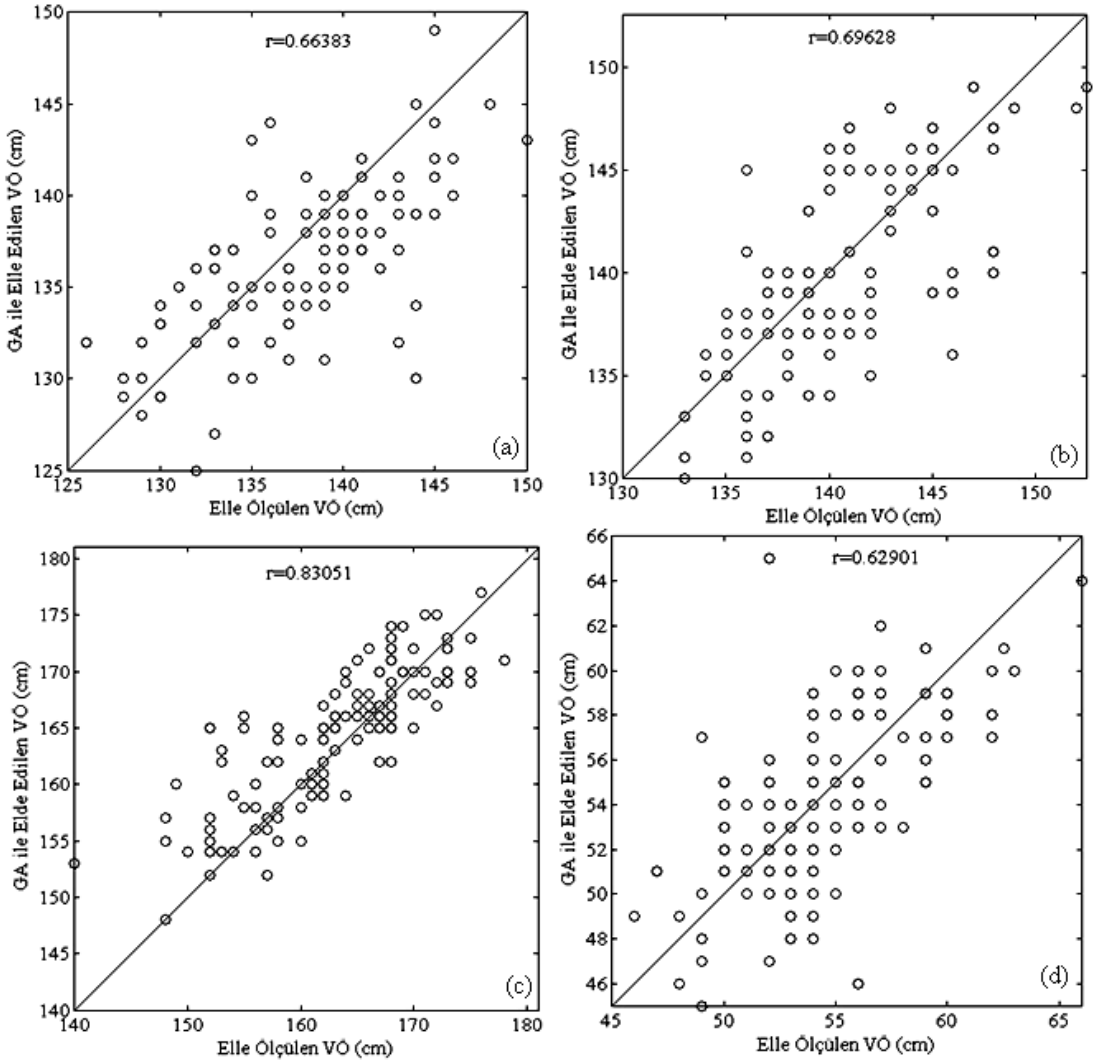
Vücut Ölçüleri	**Karşılaştırmalı Sonuçlar**					
	MRE	MRA	SSE	MSE	RMSE	r
CY	2.28	97.72	1831	15.92	3.99	0.66**
SY	2.00	98.00	1425	12.39	3.52	0.70**
BU	2.11	97.89	2259	19.64	4.43	0.83**
SG	4.75	95.25	1227	10.67	3.27	0.63**

** P<0.01

Delphi programlama dilinde geliştirilen görsel görüntü analiz yazılımı ile resimler işlenerek bulunan sonuçlar ile elle alınan vücut ölçüleri arasındaki korelasyon (r) değerleri sırasıyla CY için 0.66, SY için 0.70, BU için 0.83 ve SG için 0.63 olarak hesaplanmıştır. Değişkenler (CY, SY, BU, SG) arasındaki ilişkinin (P<0.01 düzeyinde) istatistiksel olarak anlamlı ve önemli olduğu gösterilmiştir.(Şekil 8.30, Çizelge 8.6). Bu durum iki grup veri arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğunu göstermektedir.

Denklem 8.5 ve denklem 8.6 ile değerlendirmeler sonucunda, MRE ortalama nispi yüzde hata değerleri sırasıyla CY için %2.28, SY için %2, BU için %2.11 ve SG için %4.75 bulunmuştur. MRE hata değerleri, GA işlemi ile elde edilen verilerin EÖ değerlerine çok yakın sonuçlar verdiğini göstermektedir. Bu sonuçlar MRA oranlarının CY için %97.72, SY için %98, BU için %97.89 ve SG için %95.25 olduğu bulunmaktadır. Ayrıca RMSE sırasıyla CY için %3.99, SY için %3.52, BU için %4.43 ve SG için %3.27 bulunmuştur. Bu oranlar ve Çizelge 8.5 incelendiğinde GA işlemi sonucundaki CY, SY, BU ve SG ölçümlerinin EA ölçümlere uyumlu ve çok yakın olduğunu göstermektedir.

Bu şekilde elle vücut ölçüleri alınmış, canlı ağırlıklar kantarla tartılmış ve GA yazılımı ile resimler analiz edilmiştir. Bu işlem ile çalışmanın birinci aşaması yani çiftlik ortamında gerçekleştirilen deneysel çalışma sonuçlandırılmıştır. Çalışmanın ikinci aşaması ise, VÖ kullanılarak canlı ağırlığın tahmin edilmesi için iki modelin oluşturulmasıdır. Birinci model İRM, ikinci ise BKT ile CA tahminini yapılabilen modeldir.



Şekil 8.30 EA ve GA ile bulunan VÖ arasındaki ilişki CY (a), SY (b), BU (c) SG (d)

8.11 Canlı Ağırlık Tahmini için Geliştirilen Modeller

8.11.1 İstatistiksel regresyon denklemler ile canlı ağırlık tahmini

İRM ile denklemler oluşturulmadan önce ilk işlem olarak her bağımsız değişken (CY, SY, BU, SG) ile bağımlı değişken CA arasındaki ilişkinin yönü ve şiddetini belirleyen korelasyonlar hesaplanmaktadır. Korelasyon değerleri ile değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve şiddeti belirlendikten sonra, katsayılara bağlı olarak regresyon denklemleri oluşturularak, CA sonuçları elde edilmektedir.

Korelasyonların hesaplanması, determinasyon katsayılarının belirlenmesi, çoklu ve tekli regresyon denklemlerinin oluşturulması için istatistik *SPSS* programı kullanılmıştır. Bunun haricinde Polinom Regresyon Katsayılarını belirlemek için *Matlab* programı *Curve Fitting Toolbox* kullanılmıştır.

Hem elle alınan VÖ hem de GA sonucunda elde edilen vücut ölçü değerleri (Çizelge 8.5) kullanılarak CA tahmini için bir istatistiksel yöntem olan regresyon modeli kullanılmıştır. İRM için tekli ve çoklu doğrusal denklemler ve ayrıca polinom (kuadratik, kübik ve dördüncü derece) denklemler oluşturulmuş ve CA sonuçları hesaplanmıştır. Tekli regresyon denkleminde bir bağımlı değişkeni etkileyen bir bağımsız değişken mevcut iken, çoklu regresyon modellerinde, bir bağımlı değişkeni etkileyen birden fazla bağımsız değişken yer almaktadır. Bu modelin matematiksel teorik içeriği (bölüm 6) ayrıntılı olarak incelenmiştir.

8.11.1.1 Elle alınan vücut ölçüleri ile oluşturulan tekli-çoklu doğrusal regresyon denklemleri

Elle alınan VÖ kullanılarak doğrusal tekli ve çoklu regresyon denklemleri oluşturulmuştur. Çizelge 8.7'de elle alınan VÖ ile CA'lar arasında oluşturulan tekli ve çoklu regresyon eşitlikleri, her bir değişkenin durumu, elde edilen korelasyon ve determinasyon katsayıları görülmektedir. Bulunan korelasyonlara göre CA'lar ile elle ölçülen VÖ arasında aynı yönlü, genelde kuvvetli bir ilişki olduğu Çizelge 8.7'de r sütununda görülmektedir.

Çizelge 8.7 incelendiğinde:

• En yüksek korelasyonun tüm vücut ölçüleri (CY, SY, BU, SG) kullanılarak oluşturulan çoklu regresyon denklemi ile elde edildiği (r=0.80), ayrıca çoklu regresyon denklemi ile CA tahmin edildiğinde determinasyon katsayısının (R^2=0.64) olarak bulunmuştur. Bu değerler istatistiksel olarak anlamlı ve uyumlu olduğunu göstermektedir. Tekli doğrusal regresyon denklemlerinde ise en yüksek ilişki katsayısı (r=0.71) ile BU'nda bulunmuştur. Belirleme katsayısı ise (R^2=0.51) dir.

• Elle alınan bütün VÖ kullanılarak oluşturulan doğrusal çoklu regresyon denkleminde SY önemsiz (rastlantısal) bulunmuştur (P>0.05). Ayrıca SG

kullanılarak oluşturulan tekli doğrusal regresyon denkleminde ise sabit değer istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir (P>0.05).

Çizelge 8.7. Elle alınan VÖ'nin lineer etkileri ve CA tahmin regresyon denklemleri

Tahmin Denklemleri (y)		Lineer Çoklu Regresyon Katsayıları						
	Sabit (a_0)	CY (b_1)	SY (b_2)	BU (b_3)	SG (b_4)	r	R^2	P
$a+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3+b_4x_4$	-965.974***	2.725*	2.096^{iö}	3.963***	4.049**	0.80	0.64	0.000
$a+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3$	-1025.945***	3.252**	2.825*	4.610***	-	0.78	0.61	0.000
$a+b_1x_1+b_2x_2+b_4x_4$	-823.172***	3.805**	3.534*	-	6.822***	0.72	0.51	0.000
$a+b_1x_1+b_3x_3+b_4x_4$	-859.102***	3.757***	-	4.127***	4.406***	0.80	0.63	0.000
$a+ b_2x_2+b_3x_4+b_4x_4$	-908.264***	-	3.924***	4.181***	4.505***	0.79	0.62	0.000
$a+b_1x_1+b_2x_2$	-892.661***	5.138***	5.363***	-	-	0.65	0.42	0.000
$a+b_1x_1+b_3x_3$	-884.680***	4.750***		4.918***	-	0.77	0.60	0.000
$a+b_1x_1+b_4x_4$	-627.483***	5.672***	-	-	7.640***	0.70	0.49	0.000
$a+b_2x_2+b_3x_3$	-963.796***	-	5.155***	4.966***	-	0.77	0.59	0.000
$a+b_2x_2+b_4x_4$	-729.572***	-	6.256***	-	7.691***	0.69	0.48	0.000
$a+b_3x_3+b_4x_4$	-548.598***	-	-	4.871***	5.983***	0.76	0.58	0.000
$a+b_1x_1$	-589.489***	8.417***	-	-	-	0.60	0.36	0.000
$a+ b_2x_2$	-772.867***	-	9.540***	-	-	0.59	0.35	0.000
$a+b_3x_3$	-463.782***	-	-	6.353***	-	0.71	0.51	0.000
$a+b_4x_4$	-41.843^{iö}	-	-	-	1.395***	0.60	0.37	0.000

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001, ^{iö} istatistiksel önemsiz (P>0.05)

8.11.1.2 GA sonuçları ile oluşturulan tekli ve çoklu doğrusal regresyon denklemleri

Çizelge 8.8'de ise çiftlikte oluşturulan çekim ortamından alınan resimlerin GA yazılımı ile değerlendirilerek elde edilen VÖ sonuçları ile CA'lar arasında oluşturulan tekli ve çoklu doğrusal regresyon denklemlerinin değerlendirme sonuçları görülmektedir. GA sonuçları kullanılarak oluşturulan regresyon denklemleri CA'lar ile dijital kantar ile tartılan CA sonuçları istatistiksel olarak korelasyonlar, determinasyon katsayıları, SSE (denklem 8.2), MSE (denklem 8.3), RMSE (denklem 8.4), MRE (denklem 8.5) ve MRA (denklem 8.6) hesaplanarak karşılaştırılmıştır.

Çizelge 8.8. GA ile bulunan VÖ'nin lineer etkileri ve CA tahminleri için oluşturulan karşılaştırmalı tekli-çoklu regresyon denklemleri

Tahmin Denklemleri (y)	Lineer Çoklu Regresyon Katsayıları												
	Sabit (a_0)	CY (b_1)	SY (b_2)	BU (b_3)	SG (b_4)	MRE	MRA	SSE	MSE	RMSE	r	R^2	P
$a+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3+b_4x_4$	-999.560***	5.151***	0.753 ^{iö}	2.046***	7.863***	1.85	98.15	21645.8	188.22	13.72	0.98	0.96	0.000
$a+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3$	-1485.244***	9.747***	1.568*	3.087***	-	2.24	97.77	39740.9	345.58	18.59	0.96	0.92	0.000
$a+b_1x_1+b_2x_2+b_4x_4$	-946.569***	6.194***	1.308*	-	9.026***	1.97	98.03	26902.8	233.94	15.30	0.97	0.95	0.000
$a+b_1x_1+b_3x_3+b_4x_4$	-982.308***	5.611***	-	2.147***	8.029***	1.86	98.14	21999.2	191.30	13.83	0.98	0.96	0.000
$a+ b_2x_2+b_3x_3+b_4x_4$	-737.073***	-	2.133***	2.616***	10.672***	2.19	97.81	28890.4	251.22	15.86	0.97	0.94	0.000
$a+b_1x_1+b_2x_2$	-1515.977***	12.558***	2.671**	-	-	2.40	97.60	52685.9	458.14	21.40	0.95	0.90	0.000
$a+b_1x_1+b_3x_3$	-1470.347***	10.935***	-	3.350***	-	2.29	97.71	41308.1	359.20	18.95	0.96	0.92	0.000
$a+b_1x_1+b_4x_4$	-910.728***	7.117***	-	-	9.429***	2.01	97.99	28009.1	243.56	15.61	0.97	0.95	0.000
$a+b_2x_2+b_3x_3$	-1238.059***	-	6.211***	5.705***	-	3.38	96.62	77812.9	676.63	26.01	0.92	0.85	0.000
$a+b_2x_2+b_4x_4$	-593.214***	-	3.265***	-	13.019***	2.49	97.51	38004.5	330.47	18.18	0.96	0.93	0.000
$a+b_3x_3+b_4x_4$	-599.169***	-	-	3.132***	12.085***	2.30	97.70	32279.2	280.69	16.75	0.97	0.94	0.000
$a+b_1x_1$	-1493.732***	15.144***	-	-	-	2.62	97.38	57523.2	500.20	22.37	0.94	0.89	0.000
$a+ b_2x_2$	-1138.861***	-	12.184***	-	-	4.22	95.78	136342.2	1185.59	34.43	0.86	0.74	0.000
$a+ b_3x_3$	-959.094***	-	-	9.311***	-	4.19	95.81	116279.7	1011.13	31.80	0.88	0.77	0.000
$a+ b_4x_4$	-309.034**	-	-	-	16.225***	2.73	97.27	46868.4	407.55	20.19	0.95	0.91	0.000

* P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001, ^{iö} istatistiksel önemsiz (P>0.05)

Çizelge 8.8 incelendiğinde:

• GA ile bulunan VÖ kullanılarak oluşturulan tekli ve çoklu regresyon denklemleri içerisinde, en yüksek korelasyonun tüm bağımsız değişkenler CY, SY, BU ve SG kullanılarak oluşturulan çoklu regresyon denklemi ile elde edildiği (r=0.98) görülmektedir. Bulunan korelasyon değerleri incelendiğinde, bağımlı değişken CA ile bağımsız değişkenler arasında aynı yönlü, mükemmel bir ilişki olduğu r sütununda görülmektedir. Çoklu doğrusal regresyon denklemi ile CA tahmin edildiğinde determinasyon (belirleme) katsayısının (R^2=0.96) olarak bulunduğu, bununda istatistiksel olarak anlamlı ve uyumlu olduğu görülmektedir. Bağımsız değişkenlerin (CY, SY, BU, SG), bağımlı değişken CA değişkenine ait varyansı %96 oranında açıklayabildiği, yani canlı ağırlığın 96% oranında bağımsız değişkenlere (CY, SY, BU, SG) bağlı olarak şekillendiği anlaşılmaktadır.

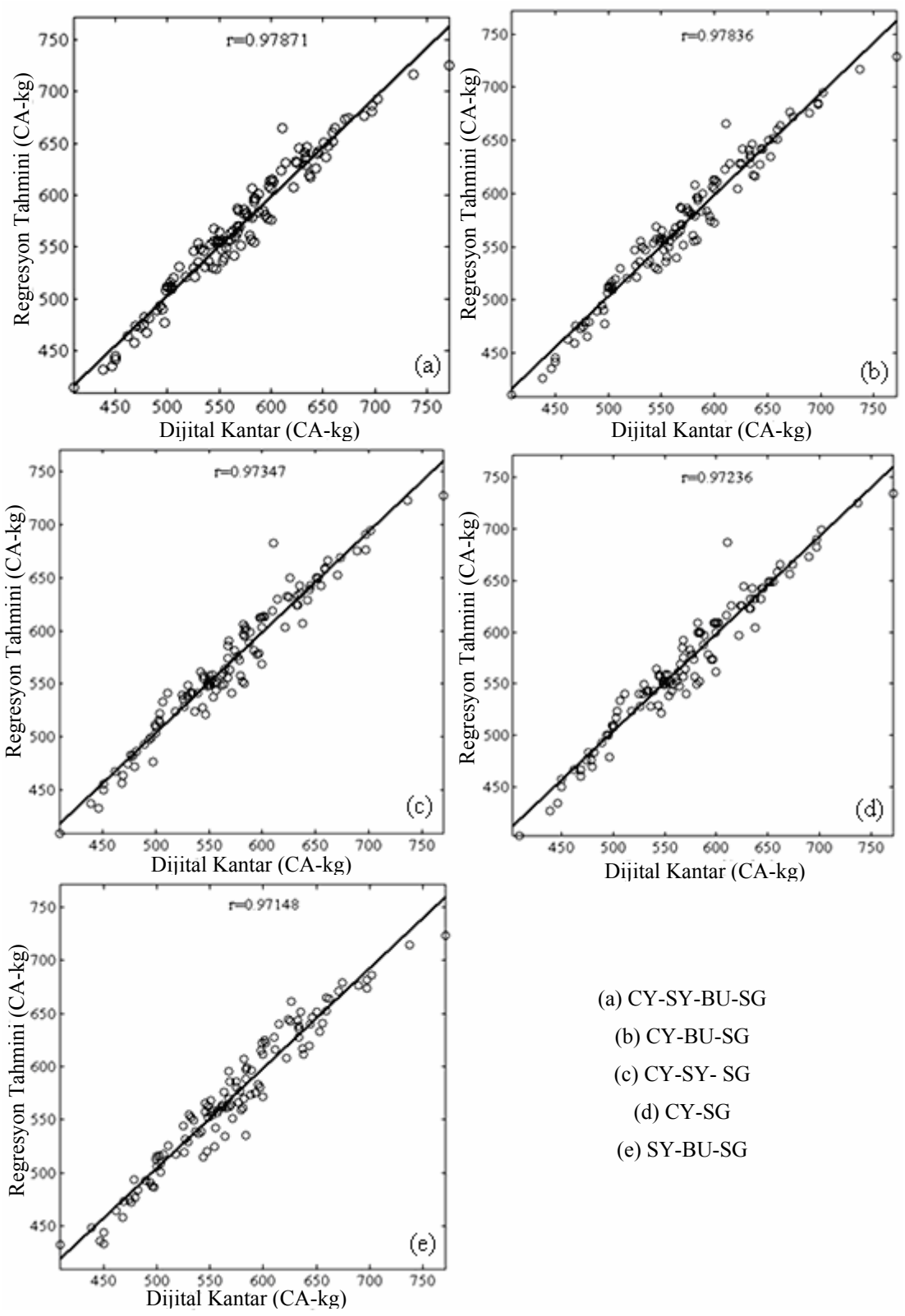
• Tekli doğrusal regresyon denklemleri içerisinde ise en yüksek korelasyon katsayısı (r=0.95) ile SG kullanılarak oluşturulan denklemde bulunmuştur. Aynı denklem için determinasyon katsayısı ise (R^2=0.91) olarak hesaplanmıştır.

• En yüksek korelasyon ve determinasyon katsayısının bulunduğu tüm değişkenleri (CY, SY, BU, ve SG) kullanılarak oluşturulan çoklu doğrusal regresyon denklemi ile CA'lar hesaplanmıştır. Bu denklem ile tahmin edilen CA değerleri, diğer denklemlerle elde edilen CA değerleri ile kıyaslandığında en küçük hata değerine %1.85 (MRE) ve en yüksek doğruluk oranına %98.15 (MRA) sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca SSE (21645.8), MSE (188.22) ve RMSE (13.72) değerlerinde de en küçük değerlere sahiptir. Bu değerler tüm değişkenli doğrusal çoklu regresyon denkleminin tercih sebebidir.

• En yüksek korelasyon ve determinasyon katsayılarına sahip (en küçük SSE, MSE, RMSE ve MRE değerli) regresyon denklemlerinden, ilk beşi kullanılarak tahmin edilen CA'lar ile dijital kantardan tartılan CA'lar arasındaki ilişki ve uyumu ifade eden grafikler Şekil 8.31'de görülmektedir.

• Ayrıca bağımlı değişken CA üzerinde etkisi olan bağımsız değişkenler (CY, SY, BU, SG) arasındaki ilişki düzeyini belirleyen anlamlılık düzeyleri de görülmektedir. P (ANOVA) sütunundaki değer ise söz konusu denklemi oluşturan değişkenler arasındaki ilişkinin P<0.001 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve önemli olduğunu göstermektedir. GA sonucu elde edilen VÖ kullanılarak oluşturulan

doğrusal çoklu regresyon denkleminde sadece SY istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0.05).



Şekil 8.31 Dijital kantar ve regresyon denklemleri ile tahmin edilen CA ilişkisi

Şekil 8.31'de en küçük kareler yöntemi ile CA'ları en iyi temsil eden regresyon doğrusu çizilmiş ve bu değişkenlerin korelasyon değerleri büyükten küçüğe sırasıyla, 0.97871 (CY-SY-BU-SG), 0.97836 (CY-BU-SG), 0.97347 (CY-SY-SG), 0.97236 (CY-SG), 0.97148 (SY-BU-SG) olarak bulunmuştur. Ayrıca bu çoklu doğrusal denklemlerin CA tahmin etmedeki doğruluk oranları (MRA) büyükten küçüğe doğru sırasıyla %98.15 (CY-SY-BU-SG), %98.14 (CY-BU-SG), %98.03 (CY-SY-SG), %97.99 (CY-SG), %97.81 (SY-BU-SG) olarak hesaplanmıştır. RMSE değerleri küçükten büyüğe doğru sırasıyla 13.72 (CY-SY-BU-SG), 13.83 (CY-BU-SG), 15.30 (CY-SY-SG), 15.61 (CY-SG), 15.86 (SY-BU-SG) olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 8.9, dijital kantarla tartılan CA'lara en yakın sonucu veren çoklu (CY, SG, BU ve SG) doğrusal denklemindeki katsayıların (coefficients) değerlerini göstermektedir. Bunlar, regresyon denklemi için kullanılan regresyon katsayılarını ve anlamlılık düzeylerini vermektedir.

Çizelge 8.9. Çoklu (CY, SY, BU, SG) regresyon denklemi katsayıları(*) ve anlamlılık düzeyleri

	Standartlaştırılmamış Katsayılar		Standartlaştırılmış Katsayılar	t	Significant (P)
	B	Std. Error	Beta		
Sabit	-999.560	66.623		-15.003	.000
CY	5.151	.849	.321	6.067	.000
SY	.753	.562	.053	1.340	.183
BU	2.046	.396	.193	5.169	.000
SG	7.863	.820	.462	9.589	.000

(*)Bağımlı Değişken: CA, Bağımsız Değişkenler: CY, SY, BU, SG

Çizelge 8.9 incelendiğinde, CA performansı üzerindeki CY, BU ve SG ortak etkisinin ($P<0.001$) istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. SG ise ($P>0.05$) olduğu ve bu denklemde CA ile SY arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak önemsiz (anlamsız) olduğu görülmektedir ($P=0.183$).

8.11.1.3 *Polinom* (kuadratik, kübik ve dördüncü derece) regresyon denklemleri

Daha sonraki adımda ise, GA ile bulunan VÖ kullanılarak oluşturulan tekli ve çoklu regresyon denklemlerin haricinde, ayrıca *polinom* (kuadratik, kübik ve dördüncü derece) denklemler oluşturularak CA tahmin işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çizelge 8.10 incelendiğinde:

• Kuadratik etkilerinde CA için regresyon katsayısı içerisinde en yüksek korelasyonun SG için elde edildiği (r=0.9536), kübik etkilerinde CA için regresyon katsayısı içerisinde en yüksek korelasyonun CY için elde edildiği (r=0.9563), dördüncü derece etkilerinde CA için regresyon katsayısı içerisinde en yüksek korelasyonun CY için elde edildiği (r=0.9676) görülmektedir.

• Çizelge 8.10'da bütün denklemler incelendiğinde, en yüksek korelasyonun CY ile oluşturulan dördüncü derece regresyon denkleminde elde edildiği görülmektedir. Bulunan korelasyonlar incelendiğinde, bağımsız parametre CY ile bağımlı parametre CA arasında aynı yönlü, mükemmel bir ilişki olduğu görülmektedir. Dördüncü derece regresyon denklemi ile CA'lar tahmin edildiğinde MRA %97.29, korelasyon (r=0.9676), determinasyon katsayısının (R^2=0.94) olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar ise istatistiksel olarak anlamlı ve uyumlu olduğunu göstermektedir

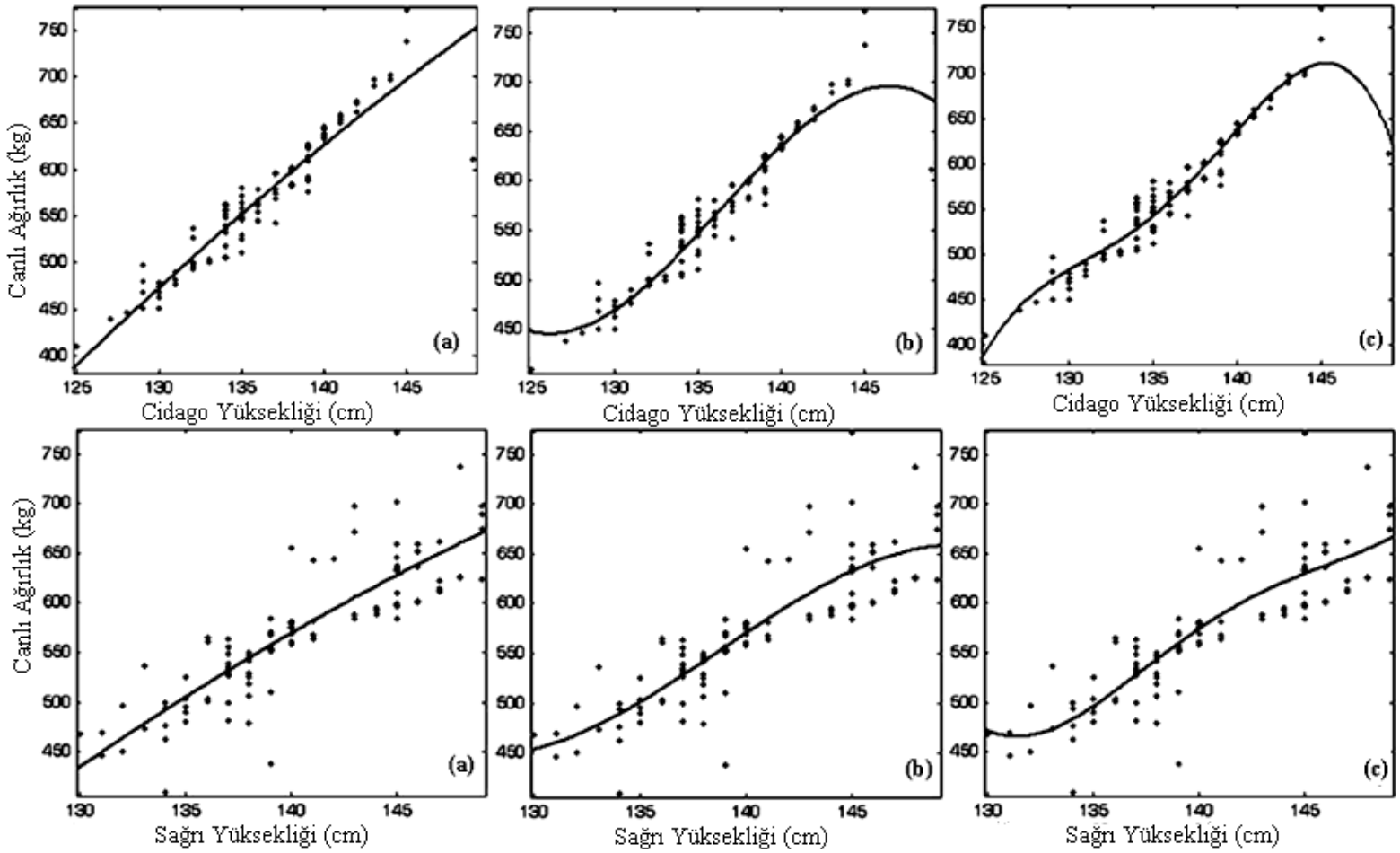
• Şekil 8.32, GA işlemi ile elde edilen vücut ölçüleri kullanılarak oluşturulan polinom (kuadratik, kübik ve dördüncü derece) denklemler ile tahmin edilen CA'lar arasındaki ilişkiyi grafiksel olarak göstermektedir. Ayrıca SSE ve RMSE değerleri de hesaplanmıştır. Aynı ilişki bu hata değerleri incelendiğinde, sırasıyla Çizelge 8.10'da ifade edilmektedir.

• Çizelge 8.10'da polinom (kuadratik, kübik ve dördüncü derece) denklemler ile tahmin edilen CA'lar da ise korelasyonlar yüksek olmasına rağmen, sadece CY için kübik ve dördüncü derecenin istatistiksel önemli (anlamlı), diğerlerindeki katsayılar anlamlılık ve önemlilik değerleri (p>0.05) değerlendirilmektedir. Bu değerlerin istatistiksel olarak anlamsız (rastlantısal), CA ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin önemsiz olduğunu göstermektedir.

Çizelge 8.10. GA ile bulunan VÖ'nin lineer, kuadratik, kübik ve 4. derece etkileri ve karşılaştırmalı CA tahminleri

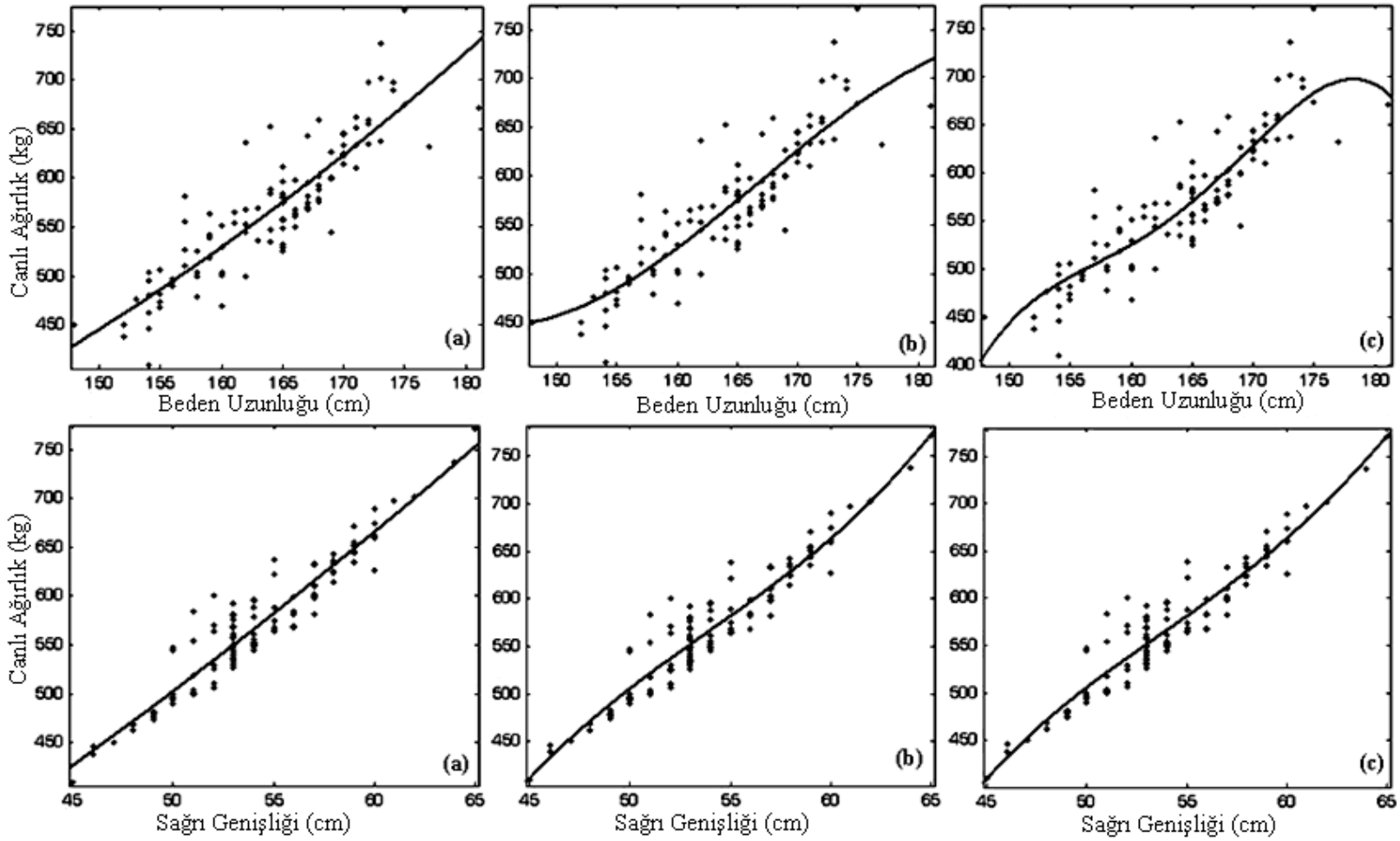
Tahmin Denklemi (y)	*Polinom* Regresyon Katsayıları									
	Sabit (a_0)	Lineer (b_1)	Kuadratik (b_2)	Kübik (b_3)	4. derece (b_4)	SSE	RMSE	r	R^2	P
$a+ b_1x_1+b_2x_1^2$	-3127*	39.13^{iö}	-0.08802^{iö}			56940.9	22.55	0.94	0.89	0.000
$a+ b_1x_1+b_2x_1^2+b_3x_1^3$	147800***	-3277***	24.18***	-0.05915***		43840.8	19.87	0.96	0.92	0.000
$a+ b_1x_1+b_2x_1^2+b_3x_1^3+b_4x_1^4$	-2779312***	82450***	-916.4***	4.523***	-0.008363^{iö}	31621.2	16.95	0.97	0.94	0.000
$a+ b_1x_2+b_2x_2^2$	-3478^{iö}	45.55^{iö}	-0.1188^{iö}			135458.3	34.78	0.85	0.74	0.000
$a+ b_1x_2+b_2x_2^2+b_3x_2^3$	102932^{iö}	-2242.4^{iö}	16.266^{iö}	-0.0391^{iö}		132918.6	34.60	0.86	0.74	0.000
$a+ b_1x_2+b_2x_2^2+b_3x_2^3+b_4x_2^4$	2436000^{iö}	-69010^{iö}	732.3^{iö}	-3.45^{iö}	0.006089^{iö}	131265.2	34.54	0.86	0.74	0.000
$a+ b_1x_3+b_2x_3^2$	427.3^{iö}	-7.656^{iö}	0.05183^{iö}			115532.3	32.11	0.88	0.78	0.000
$a+ b_1x_3+b_2x_3^2+b_3x_3^3$	33810^{iö}	-618^{iö}	3.767^{iö}	-0.007529^{iö}		114127.0	32.07	0.88	0.78	0.000
$a+ b_1x_3+b_2x_3^2+b_3x_3^3+b_4x_3^4$	-1050000^{iö}	25820^{iö}	-237.9^{iö}	0.9731^{iö}	-0.00149^{iö}	108553.0	31.41	0.88	0.78	0.000
$a+ b_1x_4+b_2x_4^2$	-87.57^{iö}	8.05^{iö}	0.07504^{iö}			46595.5	20.40	0.95	0.91	0.000
$a+ b_1x_4+b_2x_4^2+b_3x_4^3$	-5026*	281.7*	-4.956^{iö}	0.03068^{iö}		45032.3	20.14	0.96	0.91	0.000
$a+ b_1x_4+b_2x_4^2+b_3x_4^3+b_4x_4^4$	-11670*	771.3*	-18.42^{iö}	0.1947^{iö}	-0.0007456	45007.1	20.23	0.96	0.91	0.000

x_1=CY, x_2=SY, x_3=BU, x_4=SG, * P<0.05, ** P<0.01, *** P<0.001, ^{iö} istatistiksel önemsiz (P>0.05)



(a) kuadratik (b) kübik (c) dördüncü derece

Şekil 8.32 Vücut ölçüleri ile canlı ağırlık ilişkisi (polinom denklemler için)



(a) kuadratik (b) kübik (c) dördüncü derece

Şekil 8.32 Vücut ölçüleri ile canlı ağırlık ilişkisi (polinom denklemler için)

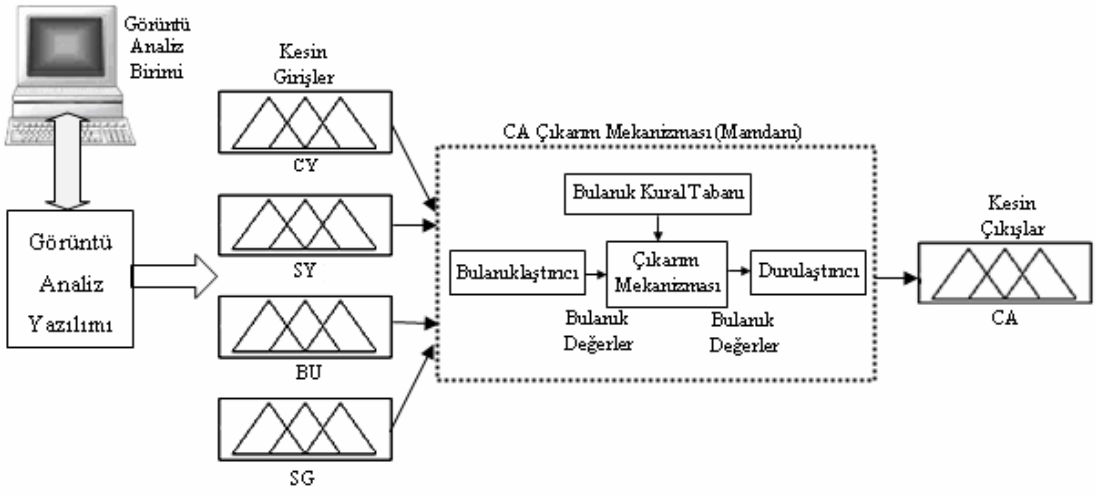
Bu bölümde (bölüm 8.11.1) CA tahmini için İRM geliştirilerek kullanılmıştır. EA VÖ kullanılarak doğrusal tekli ve çoklu regresyon denklemleri (Çizelge 8.7), GA ile elde edilen VÖ kullanılarak doğrusal tekli ve çoklu regresyon denklemleri (Çizelge 8.8) ve GA ile elde edilen VÖ kullanılarak polinom (kuadratik, kübik ve dördüncü derece) tekli regresyon denklemleri (Çizelge 8.10) oluşturulmuştur. Oluşturulan regresyon denklemleri birbirleri ile karşılaştırılmıştır. İRM ile oluşturulan tüm regresyon denklemleri ile CA tahmini yapıldığında, DK ile tartılan CA değerlerine en yakın sonucu ve en iyi ilişki (r=0.97871) oranını veren denklemin GA ile elde edilen VÖ kullanılarak (CY, SY, BU ve SG) oluşturulan doğrusal çoklu regresyon denklemi olduğu istatistiksel analizler sonucunda görülmektedir. Determinasyon katsayısı R^2=0.96 dır. Bu sonuç, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken CA'daki değişimin (R^2=0.96)'ini açıkladığını göstermektedir (Çizelge 8.8). Regresyon analizinin yapılacağı denklemler *Delphi* programlama dilinde geliştirilen GA yazılımına entegre edilerek yazılım güncellenmiş ve çoklu doğrusal regresyon denklemi ile GA yazılımında CA tahminleri yapılmıştır (Şekil 8.29).

GA ile elde edilen VÖ'nin canlı ağırlık tahmininde, EA VÖ'nden daha iyi sonuçlar verdiği elde edilen korelasyonlar ve hesaplanan hata oranlarıyla görülmektedir (Çizelge 8.7-Çizelge 8.8). Bunun sebebi, elle VÖ alma sırasında hayvana yaklaşmada yaşanılan sıkıntılardan dolayı ölçünün doğru alınamaması ve ölçüm yapılırken hayvanın kendini eğip bükmesi, düzgün durmamasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla bu tür problemler, VÖ alınırken hatalı alınabilmesi ve ölçmede yanlış sonuçların alınabilmesi sonucunu doğurmaktadır. Hayvanların görüntülerinin alınarak, GA yazılımı ile değerlendirilmesi oluşan bu tür problemleri giderebilmektedir.

8.11.2 Bulanık kural tabanlı yaklaşım ile canlı ağırlık tahmini

Canlı ağırlık tahmini için kullanılan ikinci bir model BKT yaklaşımdır. Bulanık kural tabanlı bu sistem Bulanık Uzman Sistem (BUS) olarak ifade edilmektedir. BUS *Matlab* programı kullanılarak oluşturulmuştur. Halen Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootekni Anabilim dalında Profesör olarak çalışan sütçü inek konusunda bir uzman yardımıyla BUS tasarlanmıştır. Bu sistemde GA ile elde edilen VÖ

(Çizelge 8.5) verileri BUS'un giriş-çıkış parametreleri olarak kullanılmıştır. BUS dört girişli (CY, SY, BU ve SG) ve tek çıkışlı (CA) toplam beş parametreden oluşmaktadır. Bu kesin sayısal ifadelerden oluşan parametreler uzman ile beraber derecelendirilerek belirlenmiş ve dilsel ifadelere, bulanık kümelere dönüştürülmüştür. Dilsel ifadeler ile bulanık kurallar (bulanık kural tabanı) oluşturulmuştur. Sistemde çıkarım mekanizmasında bu kurallar çalıştırılmıştır. Sonuçta elde edilen bulanık sonuçlar durulaştırılarak kesin CA sonuçlarına ulaşılmaktadır. Geliştirilen BUS genel yapısı Şekil 8.33'de gösterilmektedir.



Şekil 8.33 Canlı ağırlık tahmini için geliştirilen BUS genel yapısı

8.11.2.1 Sistemin bulanıklaştırma işlemi

Giriş ve çıkış parametreleri uzman yardımıyla Çizelge 8.7'de görüldüğü gibi dilsel ifadelere dönüştürülerek oluşturulmuştur. Sistem giriş ve çıkış parametrelerinin alabileceği kesin değerler aşağıda denklemler 8.7-8.11 ifadeleriyle verilmiştir. Bulanıklaştırma işleminde sayısal değerler, 0 ve 1 arasında üyelik derecesine sahip olan bulanık kümelere ve günlük hayatta kullandığımız dilsel ifadelere dönüştürülmüştür. BKT sistem için üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanık kümeler oluşturulmuştur. Dilsel ifadeler daha sonraki aşamada bulanık kuralların oluşturulmasında kullanılmıştır.

8.11.2.2 Dilsel ifadeler ve üyelik fonksiyonlarının oluşturulması

Uzmanla birlikte giriş-çıkış parametrelerine ait sayısal değerler derecelendirilerek dilsel ifadeler (Çizelge 8.11) oluşturulmuştur. Daha sonra bu dilsel ifadeler (kısaltılarak) bulanık kurallar (bulanık kural tabanı) oluşturulmuştur. Giriş-çıkış değişkenleri için sınırlar denklem 8.7-8.11 belirlenmiştir.

Giriş değişkenleri:

$$CY(x)=\begin{Bmatrix} x; & 125 \le x \le 149 \\ 0; & \text{Diger } durumlarda \end{Bmatrix} \tag{8.7}$$

$$SY(y)=\begin{Bmatrix} y; & 130 \le y \le 149 \\ 0; & Diger\ durumlarda \end{Bmatrix} \tag{8.8}$$

$$BU(z)=\begin{Bmatrix} z; & 148 \le z \le 181 \\ 0; & Diger\ durumlarda \end{Bmatrix} \tag{8.9}$$

$$SG(t)=\begin{Bmatrix} t; & 45 \le t \le 65 \\ 0; & Diger\ durumlarda \end{Bmatrix} \tag{8.10}$$

Çıkış değişkeni:

$$CA(k)=\begin{Bmatrix} k; & 410 \le k \le 750 \\ 0; & Diger\ durumlarda \end{Bmatrix} \tag{8.11}$$

CY(x) giriş değişkeninin dilsel ifadeleri Çizelge 8.11'de olduğu gibi, ÇDD (Çok Daha Düşük), ÇD (Çok Düşük), DD (Daha Düşük), D (Düşük), OA(Orta Altı), O (Orta) , OÜ (Orta Üstü), Y (Yüksek), DY (Daha Yüksek), ÇY (Çok Yüksek) , ÇDY (Çok Daha Yüksek) , ÇÇY (Çok Çok Yüksek) belirlenmiştir. Burada $\mu_{CY}(x)$ CY'nin bulanık küme üyelik derecesi, x CY bulanık kümesinin elemanıdır. Diğer giriş ve çıkış değişkenleri de bu şekilde ifade edilerek yorumlanır.

Dilsel ifadelerin Şekil 8.34'de olduğu gibi üyelik fonksiyonları olarak üçgen ve yamuk kullanılmıştır. Örnek olması açısından, Beden uzunluğu için, Çok Kısa (ÇK) ve Daha Kısa (DK) kümeleri için üyelik derecelerini ifade eden fonksiyonlar denklem 8.12 ve 8.13'dekine benzer şekilde oluşturulabilmektedir.

Çizelge 8.11. BKT sistemde giriş ve çıkış parametreleri için oluşturulan dilsel ifadeler

GİRİŞ (CY, SY, BU, SG) VE ÇIKIŞ (CA) PARAMETRELERİNİN DİLSEL İFADELERİ									
CY (cm)		**SY (cm)**		**BU (cm)**		**SG (cm)**		**CA (kg)**	
Kısaltma	**Dilsel İfade**	**Kısaltma**	**Dilsel İfade**	**Kısaltma**	**Dilsel İfade**	**Kısaltma**	**Dilsel İfade**	**Kısaltma**	**Dilsel İfade**
ÇDD	Çok Daha Düşük	ÇD	Çok Düşük	ÇDK	Çok Daha Kısa	ÇD	Çok Dar	ÇÇD	Çok Çok Düşük
ÇD	Çok Düşük	DD	Daha Düşük	ÇK	Çok Kısa	DD	Daha Dar	ÇDD	Çok Daha Düşük
DD	Daha Düşük	D	Düşük	DK	Daha Kısa	D	Dar	ÇD	Çok Düşük
D	Düşük	OA	Orta Altı	K	Kısa	OA	Orta Altı	DD	Daha Düşük
OA	Orta Altı	O	Orta	OA	Orta Altı	O	Orta	D	Düşük
O	Orta	OÜ	Orta Üstü	O	Orta	OÜ	Orta Üstü	OA	Orta Altı
OÜ	Orta Üstü	Y	Yüksek	OÜ	Orta Üstü	G	Geniş	O	Orta
Y	Yüksek	DY	Daha Yüksek	U	Uzun	DG	Daha Geniş	OÜ	Orta Üstü
DY	Daha Yüksek	ÇY	Çok Yüksek	DU	Daha Uzun	ÇG	Çok Geniş	Y	Yüksek
ÇY	Çok Yüksek			ÇU	Çok Uzun	ÇDG	Çok Daha Geniş	DY	Daha Yüksek
ÇDY	Çok Daha Yüksek			ÇDU	Çok Daha Uzun			ÇY	Çok Yüksek
ÇÇY	Çok Çok Yüksek			ÇÇU	Çok Çok Uzun			ÇDY	Çok Daha Yüksek
								ÇÇY	Çok Çok Yüksek
								FY	Fevkalade Yüksek

$$ÇK(z)=(z;150,152,154,156)=\begin{cases}\dfrac{z-150}{152-150} & 150\le z<152\\ 1; & 152\le z<154\\ \dfrac{156-z}{156-154} & 154<z\le 156\\ 0; & z>156\end{cases}\qquad(8.12)$$

$$DK(z)=(z;154,156,158)=\begin{cases}\dfrac{z-154}{156-154} & 154\le z<156\\ \dfrac{158-z}{158-156} & 156<z\le 158\\ 0; & z>158\end{cases}\qquad(8.13)$$

Denklem 8.12 ve 8.13 ifadelerinden aşağıdaki bulanık kümeler elde edilir.

$$\mu_{ÇK}(z)=\{0/150+0.5/151+1/152+1/153+...+1/154+0.5/155+0/156\}$$

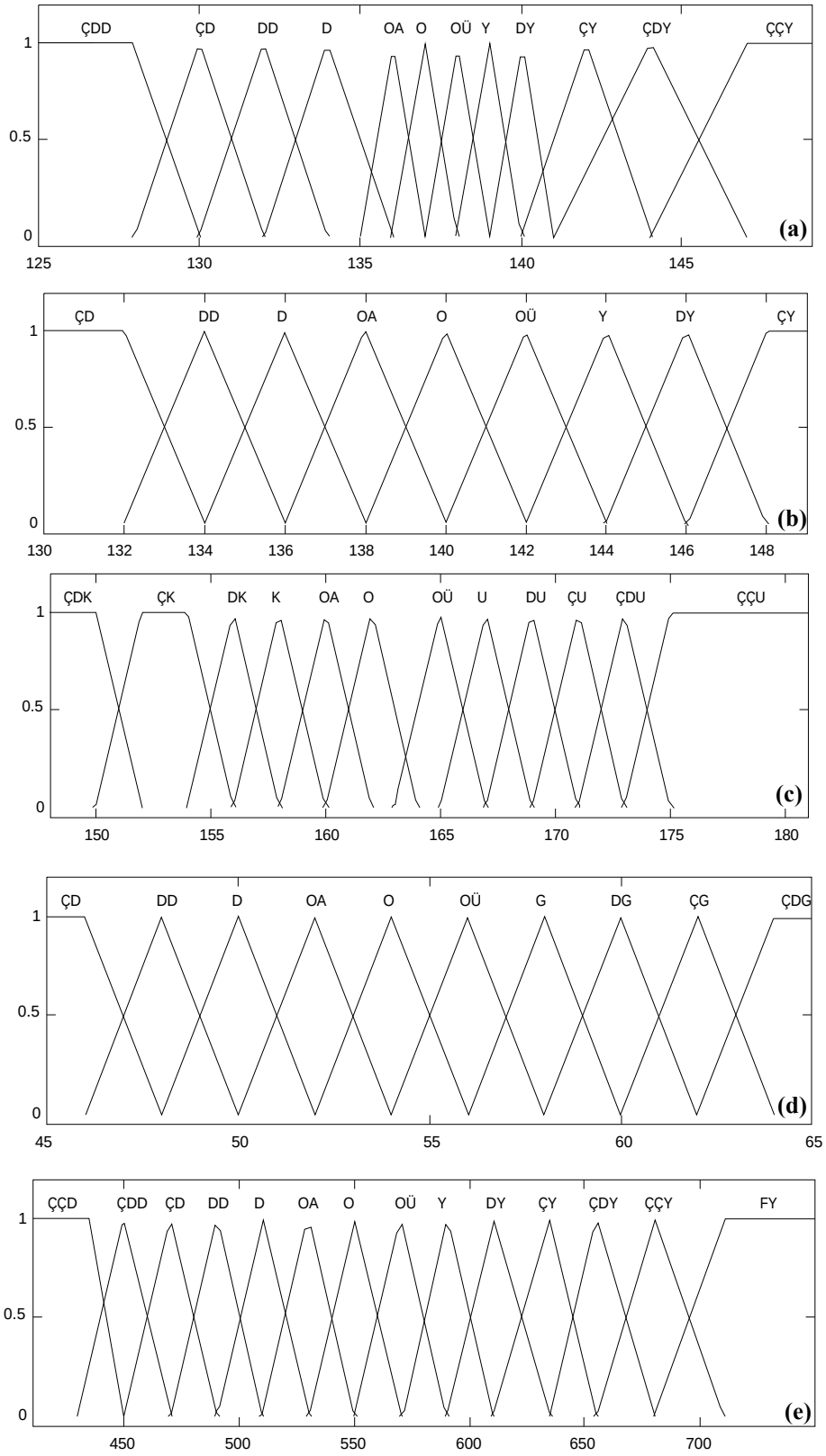
$$\mu_{DK}(z)=\{0/154+0.5/155+1/156+...+0.5/157+0/158\}$$

Giriş ve çıkış için belirlenen parametrelerin üyelik fonksiyonları, bulanık kümeler ve üyelik dereceleri denklem 8.12 ve 8.13'e benzer şekilde oluşturulmaktadır. Şekil 8.34'de üyelik fonksiyonları ve bulanık kümeler grafiği gösterilmiştir.

8.11.2.3 Bulanık kuralların oluşturulması

Uzman yardımıyla dilsel ifadeler kullanılarak BUS'in bulanık kurallar tabanını oluşturan, kurallar oluşturulmuştur (Çizelge 8.12).

Tablodaki kurallardan örneğin 3. kural için; Eğer CY Çok Daha Düşük (ÇDD) ise ve SY Çok Düşük (ÇD) ise ve BU Çok Kısa (ÇK) ise SG Çok Dar (ÇD) ise O Halde CA Çok Daha Düşük (ÇDD) olur şeklinde yorumlanır. Diğer kurallarda benzer şekilde yorumlanmaktadır.



Girişler (a) CY, (b) SY, (c) BU, (d) SG, Çıkışlar (e) CA

Şekil 8.34 Bulanık üyelik fonksiyonları ve kümeler grafiği

Çizelge 8.12. Geliştirilen BUS için oluşturulan bulanık kurallar

Kural No		**CY** *(x)*		**SY** *(y)*		**BU** *(z)*		**SG** *(t)*		**CA** *(k)*	**Kural No**		**CY** *(x)*		**SY** *(y)*		**BU** *(z)*		**SG** *(t)*		**CA** *(k)*
1	Eğer	ÇDD	ve	DD	ve	ÇK	ve	ÇD	O Halde	ÇÇD	57	Eğer	OA	ve	O	ve	OÜ	ve	OA	O Halde	Y
2	Eğer	ÇDD	ve	O	ve	ÇK	ve	ÇD	O Halde	ÇÇD	58	Eğer	O	ve	OA	ve	OA	ve	OA	O Halde	O
3	Eğer	ÇDD	ve	ÇD	ve	ÇK	ve	ÇD	O Halde	ÇDD	59	Eğer	O	ve	O	ve	O	ve	OÜ	O Halde	OÜ
4	Eğer	ÇD	ve	ÇD	ve	ÇK	ve	ÇD	O Halde	ÇDD	60	Eğer	O	ve	O	ve	U	ve	OA	O Halde	OÜ
5	Eğer	ÇD	ve	ÇD	ve	DK	ve	DD	O Halde	ÇD	61	Eğer	O	ve	O	ve	OÜ	ve	O	O Halde	OÜ
6	Eğer	ÇD	ve	DD	ve	ÇK	ve	DD	O Halde	ÇD	62	Eğer	O	ve	O	ve	U	ve	O	O Halde	OÜ
7	Eğer	ÇD	ve	ÇD	ve	DK	ve	D	O Halde	DD	63	Eğer	O	ve	Y	ve	U	ve	O	O Halde	Y
8	Eğer	ÇD	ve	ÇD	ve	ÇDK	ve	ÇD	O Halde	ÇDD	64	Eğer	O	ve	Y	ve	OÜ	ve	O	O Halde	Y
9	Eğer	ÇD	ve	ÇD	ve	OA	ve	DD	O Halde	ÇD	65	Eğer	OÜ	ve	O	ve	DK	ve	OÜ	O Halde	Y
10	Eğer	ÇD	ve	DD	ve	DK	ve	D	O Halde	ÇD	66	Eğer	OÜ	ve	O	ve	U	ve	OÜ	O Halde	Y
11	Eğer	ÇD	ve	OA	ve	K	ve	D	O Halde	ÇD	67	Eğer	OÜ	ve	O	ve	OÜ	ve	OÜ	O Halde	Y
12	Eğer	ÇD	ve	DD	ve	DK	ve	D	O Halde	ÇD	68	Eğer	OÜ	ve	O	ve	OÜ	ve	D	O Halde	Y
13	Eğer	ÇD	ve	OA	ve	DK	ve	DD	O Halde	DD	69	Eğer	OÜ	ve	OÜ	ve	OÜ	ve	OÜ	O Halde	Y
14	Eğer	ÇD	ve	DD	ve	DK	ve	D	O Halde	DD	70	Eğer	OÜ	ve	Y	ve	OÜ	ve	OÜ	O Halde	Y
15	Eğer	DD	ve	DD	ve	DK	ve	D	O Halde	DD	71	Eğer	OÜ	ve	Y	ve	U	ve	OÜ	O Halde	Y
16	Eğer	DD	ve	DD	ve	ÇK	ve	D	O Halde	DD	72	Eğer	OÜ	ve	Y	ve	DU	ve	G	O Halde	Y
17	Eğer	DD	ve	D	ve	K	ve	OA	O Halde	DD	73	Eğer	OÜ	ve	Y	ve	DU	ve	OÜ	O Halde	Y
18	Eğer	DD	ve	D	ve	OA	ve	D	O Halde	D	74	Eğer	OÜ	ve	DY	ve	DU	ve	OA	O Halde	Y
19	Eğer	DD	ve	D	ve	DK	ve	OA	O Halde	OA	75	Eğer	OÜ	ve	DY	ve	DU	ve	G	O Halde	DY
20	Eğer	DD	ve	DD	ve	O	ve	OA	O Halde	OA	76	Eğer	OÜ	ve	DY	ve	U	ve	G	O Halde	DY
21	Eğer	DD	ve	DD	ve	O	ve	D	O Halde	D	77	Eğer	Y	ve	O	ve	U	ve	O	O Halde	OÜ
22	Eğer	DD	ve	D	ve	OA	ve	D	O Halde	D	78	Eğer	Y	ve	OÜ	ve	OÜ	ve	O	O Halde	Y
23	Eğer	DD	ve	D	ve	K	ve	D	O Halde	D	79	Eğer	Y	ve	Y	ve	U	ve	O	O Halde	Y
24	Eğer	D	ve	D	ve	ÇK	ve	D	O Halde	D	80	Eğer	Y	ve	Y	ve	U	ve	OA	O Halde	Y
25	Eğer	D	ve	OA	ve	DK	ve	OA	O Halde	D	81	Eğer	Y	ve	Y	ve	ÇU	ve	OÜ	O Halde	DY
26	Eğer	D	ve	OA	ve	OA	ve	D	O Halde	D	82	Eğer	Y	ve	DY	ve	DU	ve	G	O Halde	DY
27	Eğer	D	ve	OA	ve	OÜ	ve	OA	O Halde	OA	83	Eğer	Y	ve	DY	ve	DU	ve	OÜ	O Halde	DY
28	Eğer	D	ve	OA	ve	K	ve	OA	O Halde	OA	84	Eğer	Y	ve	ÇY	ve	DU	ve	G	O Halde	DY
29	Eğer	D	ve	OA	ve	OÜ	ve	O	O Halde	O	85	Eğer	Y	ve	ÇY	ve	DU	ve	G	O Halde	ÇY
30	Eğer	D	ve	OA	ve	OA	ve	O	O Halde	O	86	Eğer	Y	ve	ÇY	ve	DU	ve	DG	O Halde	ÇY
31	Eğer	D	ve	D	ve	K	ve	O	O Halde	O	87	Eğer	DY	ve	Y	ve	ÇÇU	ve	OÜ	O Halde	ÇY
32	Eğer	D	ve	O	ve	OÜ	ve	O	O Halde	O	88	Eğer	DY	ve	Y	ve	DU	ve	G	O Halde	ÇY
33	Eğer	D	ve	D	ve	U	ve	O	O Halde	OÜ	89	Eğer	DY	ve	Y	ve	ÇU	ve	G	O Halde	ÇY
34	Eğer	D	ve	OA	ve	U	ve	O	O Halde	OÜ	90	Eğer	DY	ve	Y	ve	ÇDU	ve	G	O Halde	ÇY
35	Eğer	D	ve	O	ve	K	ve	OA	O Halde	D	91	Eğer	DY	ve	DY	ve	O	ve	G	O Halde	ÇY
36	Eğer	D	ve	OA	ve	OÜ	ve	OA	O Halde	OA	92	Eğer	DY	ve	Y	ve	ÇDU	ve	OÜ	O Halde	ÇY
37	Eğer	D	ve	D	ve	K	ve	OA	O Halde	OA	93	Eğer	DY	ve	OÜ	ve	U	ve	G	O Halde	ÇY
38	Eğer	D	ve	OA	ve	OA	ve	OA	O Halde	OA	94	Eğer	DY	ve	OÜ	ve	ÇU	ve	DG	O Halde	ÇDY
39	Eğer	D	ve	OA	ve	OÜ	ve	O	O Halde	OA	95	Eğer	DY	ve	DY	ve	ÇU	ve	DG	O Halde	ÇDY
40	Eğer	D	ve	OA	ve	O	ve	O	O Halde	O	96	Eğer	ÇY	ve	DY	ve	OÜ	ve	DG	O Halde	ÇDY
41	Eğer	D	ve	OA	ve	OÜ	ve	D	O Halde	O	97	Eğer	ÇY	ve	O	ve	ÇU	ve	DG	O Halde	ÇDY
42	Eğer	D	ve	OA	ve	U	ve	O	O Halde	O	98	Eğer	ÇY	ve	DY	ve	DU	ve	DG	O Halde	ÇDY
43	Eğer	D	ve	OA	ve	U	ve	OA	O Halde	O	99	Eğer	ÇY	ve	DY	ve	ÇU	ve	DG	O Halde	ÇDY
44	Eğer	D	ve	O	ve	O	ve	O	O Halde	O	100	Eğer	ÇY	ve	Y	ve	ÇÇU	ve	G	O Halde	ÇÇY
45	Eğer	D	ve	O	ve	OÜ	ve	OA	O Halde	OÜ	101	Eğer	ÇY	ve	ÇY	ve	ÇÇU	ve	DG	O Halde	ÇÇY
46	Eğer	D	ve	D	ve	O	ve	O	O Halde	OÜ	102	Eğer	ÇDY	ve	ÇY	ve	ÇDU	ve	DG	O Halde	ÇÇY
47	Eğer	D	ve	OA	ve	U	ve	OA	O Halde	OÜ	103	Eğer	ÇDY	ve	Y	ve	ÇÇU	ve	ÇG	O Halde	FY
48	Eğer	D	ve	O	ve	OÜ	ve	O	O Halde	Y	104	Eğer	ÇDY	ve	ÇY	ve	ÇDU	ve	ÇG	O Halde	FY
49	Eğer	OA	ve	OA	ve	O	ve	D	O Halde	O	105	Eğer	ÇDY	ve	DY	ve	ÇDU	ve	ÇG	O Halde	FY
50	Eğer	OA	ve	OA	ve	DU	ve	O	O Halde	O	106	Eğer	ÇDY	ve	ÇY	ve	ÇDU	ve	ÇDG	O Halde	FY
51	Eğer	OA	ve	OA	ve	OA	ve	OA	O Halde	O	107	Eğer	ÇDY	ve	DY	ve	ÇÇU	ve	ÇDG	O Halde	FY
52	Eğer	OA	ve	O	ve	OÜ	ve	O	O Halde	O	108	Eğer	ÇÇY	ve	ÇY	ve	OÜ	ve	G	O Halde	DY
53	Eğer	OA	ve	O	ve	OA	ve	OA	O Halde	OÜ	109	Eğer	DY	ve	DY	ve	U	ve	DG	O Halde	ÇY
54	Eğer	OA	ve	O	ve	OÜ	ve	OÜ	O Halde	OÜ	110	Eğer	DY	ve	DY	ve	ÇDU	ve	DG	O Halde	ÇY
55	Eğer	OA	ve	O	ve	O	ve	O	O Halde	OÜ	111	Eğer	ÇY	ve	DY	ve	U	ve	DG	O Halde	ÇDY
56	Eğer	OA	ve	O	ve	U	ve	OA	O Halde	OÜ											

8.11.2.4 Çıkarım mekanizması ve durulaştırma işlemi ile alınan sonuçlar

Çıkarım mekanizması yani kural yorumlayıcısı, bilgi tabanında bulunan kuralları kontrol ederek, bu kurallar içerisinden hangisinin ateşleneceğine yani karar verilmesini sağlayan sistemdir. Yani bir nevi yönetim görevini de üstlenmiştir.

Bulanık çıkarım mekanizması olarak hesaplama sadeliğinden ve basitliğinden dolayı *Mamdani max-min* yaklaşımı seçilerek çalıştırıldığında, her bir kural için doğruluk dereceleri (α) aşağıdaki formüllere göre hesaplanabilir.

Kural 1 için $\alpha_1 = \min(\mu_{ÇDD}(x), \mu_{DD}(y), \mu_{ÇK}(z), \mu_{ÇD}(t))$

Kural 2 için $\alpha_2 = \min(\mu_{ÇDD}(x), \mu_{O}(y), \mu_{ÇK}(z), \mu_{ÇD}(t))$

Kural 3 için $\alpha_3 = \min(\mu_{ÇDD}(x), \mu_{ÇD}(y), \mu_{ÇK}(z), \mu_{ÇD}(t))$

Kural 4 için $\alpha_4 = \min(\mu_{ÇD}(x), \mu_{ÇD}(y), \mu_{ÇK}(z), \mu_{ÇD}(t))$

Kural 5 için $\alpha_5 = \min(\mu_{ÇD}(x), \mu_{ÇD}(y), \mu_{DK}(z), \mu_{DD}(t))$

……..

Kural 107 için $\alpha_{107} = \min(\mu_{ÇDY}(x), \mu_{DY}(y), \mu_{ÇÇU}(z), \mu_{ÇDG}(t))$

Kural 108 için $\alpha_{108} = \min(\mu_{ÇÇY}(x), \mu_{ÇY}(y), \mu_{OÜ}(z), \mu_{G}(t))$

Kural 109 için $\alpha_{109} = \min(\mu_{DY}(x), \mu_{DY}(y), \mu_{U}(z), \mu_{DG}(t))$

Kural 110 için $\alpha_{110} = \min(\mu_{DY}(x), \mu_{DY}(y), \mu_{ÇDU}(z), \mu_{DG}(t))$

Kural 111 için $\alpha_{111} = \min(\mu_{ÇY}(x), \mu_{DY}(y), \mu_{U}(z), \mu_{DG}(t))$

Kurallar çalıştırıldığında, ilkönce minimumları (*min)* alınır. Eğer birden fazla kural ateşlenirse, her bir kuralın doğruluk derecesinin maksimumu (*max)* alınarak sonuç aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$\alpha_{1,2,\ldots n} = \max(\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_n)$

Örnek olarak CY=129cm, SY=132cm, BU=152cm, SG=47cm olarak girildiğinde CA'ları bulalım. Bu durumda kural 3 ve kural 4 ateşlenmiş olacaktır. Mamdani max-min çıkarım mekanizması çalıştırılır. Buna göre doğruluk derecesi;

$\alpha_3 = \min(\mu_{ÇDD}(x), \mu_{ÇD}(y), \mu_{ÇK}(z), \mu_{ÇD}(t))$

$\alpha_3 = \min(0.5, 1, 1, 0.5)$

$\alpha_3 = \min(0.5)$

α_4= min($\mu_{ÇD}$(x), $\mu_{ÇD}$(y), $\mu_{ÇK}$(z), $\mu_{ÇD}$(t))

α_4= min(0.5, 1, 1, 0.5)

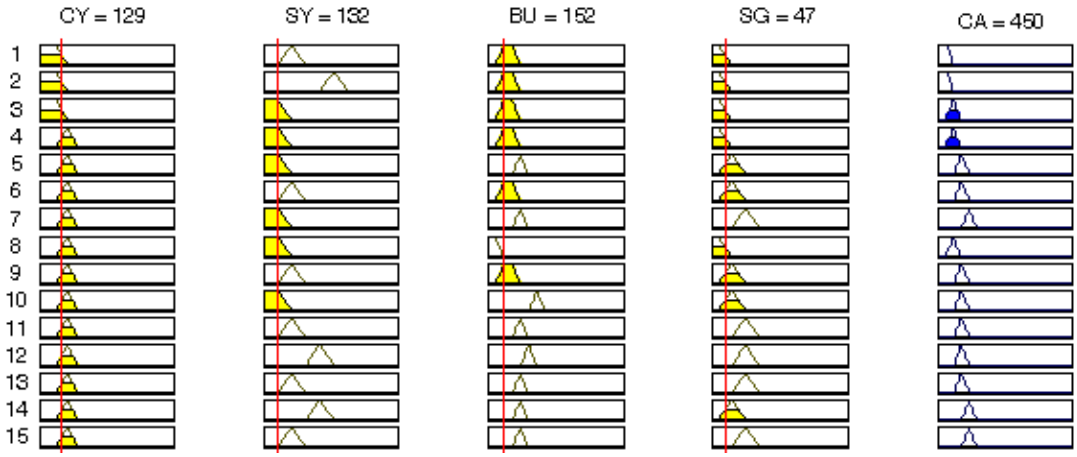
α_4= min(0.5)

$\alpha_{3,4}$ = max(0.5, 0.5)

$\alpha_{3,4}$ =0.5 olarak doğruluk derecesi bulunmuştur. Ateşlenen kurallardan α= 0.5'dir.

Bulanık çıkarım mekanizmasının çıkışı bulanık bir kümedir. Bunun için bulanık olmayan bir kesin sayısal değere çevrilmesi gerekir. Bu işlem durulaştırma aşamasıdır. Önce kullanılan her kural için üyelik değerlerinde oluşan bulanık bir çıkış kümesi, çıkış evrensel kümesinde tespit edilir. Daha sonra bu kümeler tarafından oluşturulan mantıksal birleşim kümesi üzerinde durulama yöntemlerinden birisi kullanılır ve tek çıkış değeri bulunarak durulama işlemi gerçekleştirilmiş olmaktadır.

Doğruluk derecesi ise 0.5'dir. Durulaştırma işleminde ise bulunan doğruluk derecesine göre ağırlık merkezi durulaştırıcı (*centroid*) yöntemi kullanılmıştır (denklem 7.8). Bu ifadeden kesin sonuç *Matlab* yazılımında CA=450 kg olarak bulunmuştur (Şekil 8.35).



Şekil 8.35 *Centroid* durulaştırıcılı yazılımla CA tahmini için bir örnek arayüz çıktısı

Dijital kantar ile tartılan her sütçü inek için, VÖ'ne uygun kurallar ateşlenerek, yukarıdaki örnekte olduğu gibi, BUS ile *centroid* durulaştırıcı ile alınan CA değerleri Çizelge 8.13'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Çizelge 8.13. DK ile tartılan, BUS ve İRM'den tahmin edilen karşılaştırmalı CA

SNo	CA (DK)	CA (BUS)	CA (İRM)	Sno	CA (DK)	CA (BUS)	CA (İRM)	SNo	CA (DK)	CA (BUS)	CA (İRM)
1	409.5	426.0	414.1	40	547.0	550.0	528.4	79	598.0	602.0	608.3
2	438.5	427.0	433.0	41	548.5	540.0	556.0	80	599.0	612.0	614.4
3	446.5	450.0	435.2	42	548.5	540.0	553.3	81	599.5	590.0	606.6
4	450.5	450.0	444.9	43	550.5	550.0	564.0	82	600.0	602.0	575.9
5	450.5	450.0	441.8	44	550.5	550.0	556.1	83	601.0	612.0	615.2
6	462.0	470.0	463.5	45	552.0	550.0	547.3	84	602.5	612.0	613.1
7	468.5	470.0	457.4	46	553.0	550.0	556.5	85	610.0	612.0	623.7
8	469.0	470.0	473.5	47	554.0	560.0	536.1	86	611.0	612.0	664.4
9	474.0	480.0	472.6	48	555.0	550.0	539.7	87	614.5	623.0	631.0
10	476.5	480.0	474.4	49	556.5	550.0	549.7	88	622.0	612.0	607.4
11	478.5	470.0	482.5	50	558.0	560.0	555.6	89	623.5	623.0	632.5
12	480.0	470.0	466.9	51	561.0	570.0	562.8	90	625.0	623.0	631.7
13	482.0	490.0	480.8	52	561.5	570.0	557.3	91	626.5	633.0	645.4
14	489.5	480.0	489.2	53	563.5	550.0	565.9	92	632.5	633.0	641.1
15	493.5	490.0	493.6	54	564.0	570.0	541.3	93	633.5	633.0	634.6
16	495.5	490.0	490.3	55	565.0	570.0	560.1	94	633.5	633.0	628.8
17	497.0	490.0	476.6	56	567.5	570.0	587.1	95	633.5	633.0	636.7
18	499.0	500.0	507.8	57	568.0	570.0	569.6	96	635.0	645.0	646.6
19	500.0	510.0	511.0	58	568.0	570.0	564.1	97	636.5	633.0	619.0
20	500.5	510.0	511.2	59	568.5	570.0	585.4	98	638.0	633.0	617.2
21	503.0	510.0	516.3	60	569.5	570.0	570.0	99	643.0	633.0	625.5
22	503.5	510.0	511.5	61	571.0	560.0	551.1	100	644.0	657.0	640.2
23	504.0	510.0	509.2	62	574.5	570.0	581.6	101	645.5	645.0	642.5
24	506.5	510.0	520.6	63	574.5	570.0	585.7	102	650.5	657.0	650.5
25	511.0	520.0	530.6	64	576.5	570.0	582.3	103	653.0	657.0	636.1
26	518.0	520.0	520.9	65	578.5	570.0	579.9	104	655.5	657.0	648.0
27	525.0	530.0	546.2	66	579.5	580.0	560.7	105	659.0	657.0	651.4
28	525.5	530.0	529.6	67	581.0	570.0	556.3	106	659.5	657.0	660.4
29	526.5	510.0	521.5	68	582.0	590.0	578.2	107	661.5	657.0	664.2
30	529.5	530.0	535.2	69	582.0	590.0	606.6	108	671.0	682.0	673.8
31	530.0	540.0	554.1	70	583.5	590.0	593.9	109	674.0	682.0	673.9
32	532.5	540.0	548.2	71	583.5	590.0	554.5	110	689.5	682.0	677.0
33	535.0	540.0	546.1	72	584.0	590.0	596.9	111	697.5	706.0	680.4
34	536.5	530.0	530.8	73	584.5	590.0	596.3	112	697.5	706.0	685.9
35	539.0	540.0	535.9	74	588.0	590.0	584.3	113	702.0	706.0	692.8
36	542.0	550.0	552.1	75	588.5	590.0	601.1	114	737.0	721.0	716.0
37	544.0	550.0	529.5	76	592.5	590.0	585.3	115	771.0	719.0	725.7
38	545.0	550.0	555.8	77	595.0	590.0	580.8				
39	545.0	550.0	567.4	78	596.5	590.0	577.5				

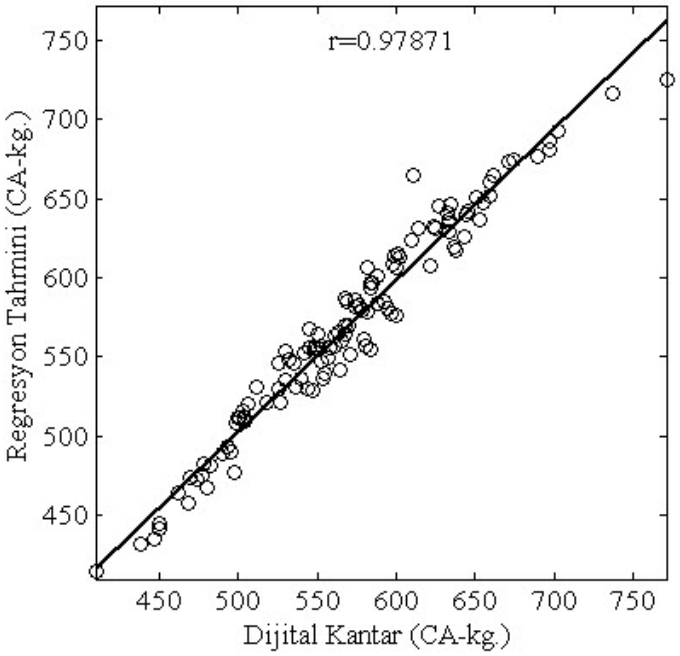
9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

9.1 Sonuçlar

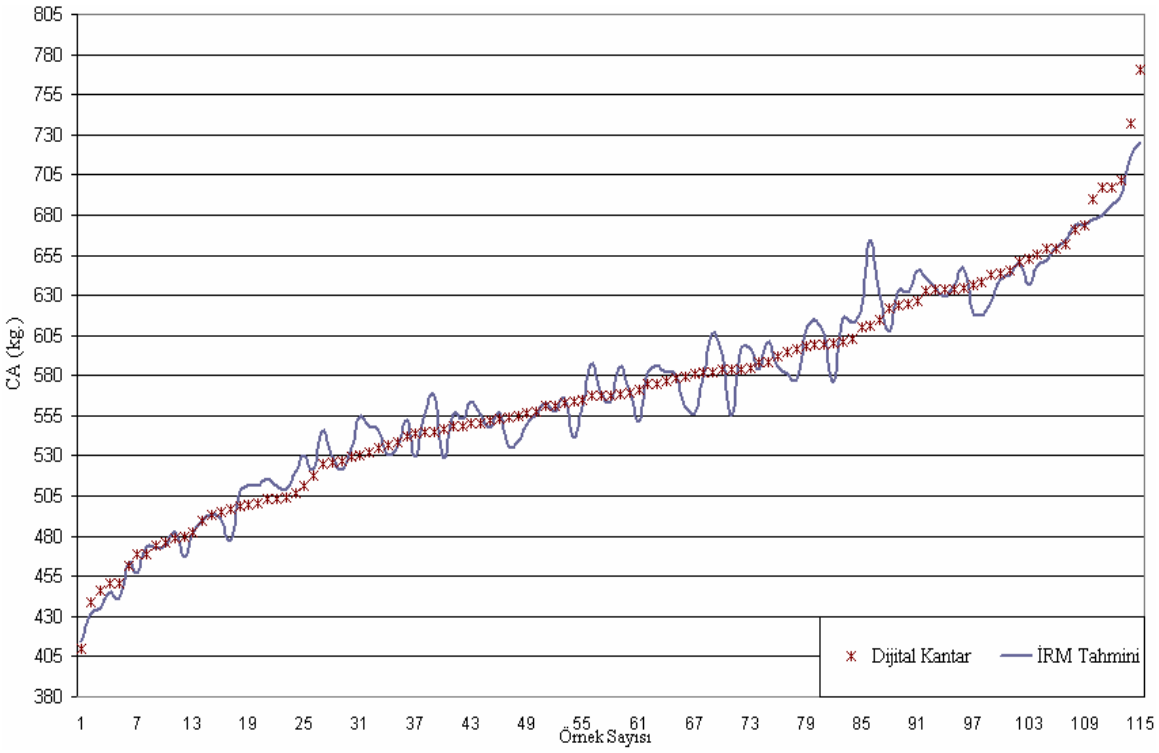
Bu çalışmada dijital görüntü analiz yöntemi ile Siyah Alaca ineklerde vücut ölçüleri belirlenmiştir. Vücut ölçüleri kullanılarak regresyon denklemeleri ve bulanık uzman sistem oluşturulmuş, bu iki ayrı model ile CA tahmin edilmiştir. Bu iki ayrı model karşılaştırılarak, dijital kantar ölçümlerine en yakın sonucu veren model bulunmuştur. Yapılan değerlendirmeler ile gerçekleştirilen sisteminin ve uygulanan yöntemlerin hayvanlarda vücut ölçülerini belirlemede ve CA tahmininde güvenle kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

GA sonuçları ile oluşturulan regresyon denklemleri içerisinde, DK ile tartım sonuçlarına en yakın sonucu veren modelin tüm bağımsız değişkenlerin (CY-SY-BU-SG) kullanıldığı doğrusal çoklu regresyon modeli olduğu belirlenmiştir. Bu modelde, korelasyon (r=0.97871) ve determinasyon katsayısı (R^2=0.958) en yüksek çıkmıştır. Ayrıca SSE, MSE, RMSE değerleri diğer modellerle karşılaştırıldığında en küçük oranlarda çıkmıştır. Bu oranlar dikkate alındığında en iyi sonuç veren denklemin tüm değişkenlerle oluşturulan doğrusal çoklu regresyon modeli olduğu tespit edilmiştir. Bu denklem GA yazılımına entegre edilerek CA tahminleri yapılmış ve kantarla tartım sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır (Şekil 9.2).

Doğrusal çoklu (CY-SY-BU-SG bağımsız değişkenli) regresyon denklemi ile CA tahmini sonuçların, DK ile ölçülen değerlere yakın ve uyumlu sonuçlar verdiği Şekil 9.1 ve Şekil 9.2'da net bir şekilde görülmektedir. İRM ile yapılan CA tahminleri değerlerinin DK ile tartım sonuçlarıyla mukayese edildiğinde ortalama nispi yüzde hata (MRE) %1.85 dir. Ortalama doğruluk oranı (MRA) %98.15 olarak hesaplanmıştır.

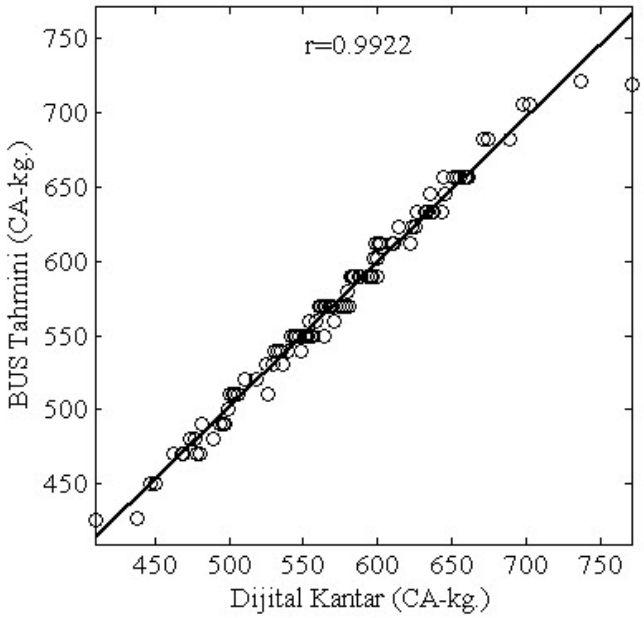


Şekil 9.1 Dijital kantar ve İRM (CY-SY-BU-SG kullanılarak oluşturulan çoklu doğrusal denklem) ile tahmin edilen CA İlişkisi

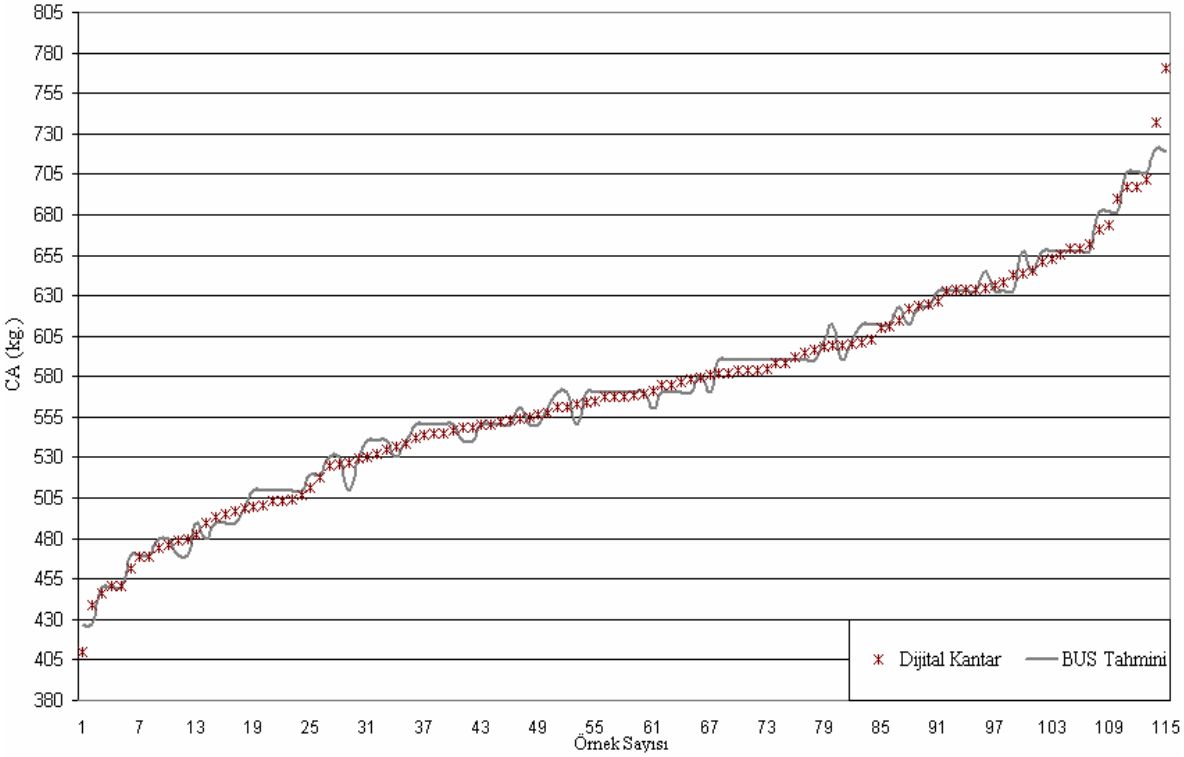


Şekil 9.2 Dijital kantar ve İRM canlı ağırlık sonuçları karşılaştırmalı grafiği

GA sonuçları kullanılarak oluşturulan BUS modeli ile tahmin edilen CA ile DK tartım sonuçları Şekil 9.4'te karşılaştırmalı olarak görülmektedir.



Şekil 9.3 Dijital kantar ve BUS ile tahmin edilen CA ilişkisi



Şekil 9.4 Dijital kantar ve BUS canlı ağırlık sonuçları karşılaştırmalı grafiği

GA ile elde edilen vücut ölçüleri kullanılarak tasarlanan BUS yaklaşımı ile elde edilen canlı ağırlık sonuçları, DK ile tartım değerleriyle kıyaslandığında, oldukça yakın sonuçlar vermektedir. İki grup verinin korelasyon değeri r=0.9922 olarak oldukça yüksek oranda çıkmıştır. Anlamlılık düzeyleri yüksek derecede ($P<0.001$) istatistiksel önemli çıkmıştır (Şekil 9.3).

BUS ile yapılan canlı ağırlık tahmini değerlerinin DK ile tartım sonuçlarıyla mukayese edildiğinde ortalama nispi yüzde hata (MRE) %1.07 dir. Ortalama nispi yüzde doğruluk oranı MRA %98.93 olarak hesaplanmıştır. BUS ile CA tahmini sonuçları grafiksel olarak DK ile ölçülen değerlerle karşılaştırmalı olarak Şekil 9.4'de görülmektedir. Grafik incelendiğinde iki CA grubu verinin birbirleri ile ilişki oranı yüksek ve çok yakın olduğu net bir şekilde ifade edilmektedir.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında:

• İlk işlem olarak bir ön deneme çalışması yapılmış ve sonuçlar alınmıştır.

• Daha sonra, çalışmada bir çiftlik ortamında belirlenen bazı Sİ'in VÖ elle ölçülerek alınmıştır.

• Yine aynı Sİ'in CA'ları dijital kantarla tartılarak bilgisayara VÖ ile beraber kaydedilmiştir.

• VÖ elle alınan bu Sİ'in VÖ'ni resimler analizinden tespit edebilmek amacıyla bir fotoğraf stüdyo çekim ortamı oluşturulmuştur.

• Fotoğraf çekim işleminde ve denemelerde kullanılmak üzere taşınabilir bir kalibrasyon deney test alanı yapılarak, kullanılmıştır.

• İlerleyen aşamalarda fotoğrafların değerlendirilmesi ve kalibre edilebilmesi için, 3B koordinatları belirli referans noktalar çekim alanına sabitlenmiştir.

• Fotoğrafları otomatik çekebilmek için, mikrodenetleyici destekli cisimden yansımalı fotoelektrik sensörlü bir elektronik çekim birimi tasarlanarak gerçekleştirilmiştir.

• Fotoğraf stüdyo çekim ortamında Sİ'in fotoğrafları yandan iki kamera ve üstten iki kamera ile senkronize bir şekilde çekilmiştir. Çiftlik ortamında verilerin alınması, deneysel çalışma aşaması bu şekilde gerçekleştirilmiştir.

• Çekilen resimlerin analiz edilebilmesi için *Delphi* programlama dilinde bir GA yazılımı geliştirilmiştir. GA yazılımı ile resimler analiz edilmiş ve Sİ'in VÖ bu şekilde hesaplanmıştır.

• GA sonuçları ile elle alınan VÖ karşılaştırılmış ve ortalama nispi hata, doğruluk oranları bulunmuş ve dolayısıyla sistemin düzgün bir şekilde çalıştığı yapılan çekimler ve analizler sonucu tespit edilmiştir.

• Çalışmanın birinci aşamasından sonra elle alınan VÖ ve GA sonuçlarını kullanarak CA tahmini yapabilecek iki model oluşturulmuştur.

• Canlı ağırlık tahmini için birinci model İRM dir. Doğrusal tekli, çoklu ve polinom (kuadratik, kübik ve dördüncü derece) denklemler oluşturularak CA tahminleri yapılmıştır. İRM'de regresyon denklemleri hem EA VÖ kullanılarak hem de GA sonuçları ile oluşturulmuştur. İki sonuç kıyaslandığında GA verileri ile elde edilen sonuçlarının korelasyonlar ve determinasyon katsayıları daha yüksek ve anlamlılık seviyeleri daha belirleyici ve önemli çıkmıştır.

• İkinci model, yapay zeka tekniklerinden olan BUS yaklaşımıdır. Bu işlem için sütçü inek alanında bir insan uzman yardımıyla, GA sonuçları derecelendirilerek dilsel ifadeler ve kurallar ile bulanık sistem tasarlanarak, çalıştırılmıştır. BUS ile CA tahminleri yapılmış ve kantarla tartım sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır.

• Bu iki ayrı model (İRM ve BUS) ile CA tahmini yapılarak, iki model ile de çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu iki ayrı model'den hangisinin daha iyi sonuç verdiği istatistiksel analizlerle belirlenerek ortaya konmuştur. İRM ve BUS sonuçları ile DK ile tartım sonuçları kıyaslandığında BUS'un daha yakın ve doğrulukta sonuçlar verebildiği karşılaştırmalar sonucunda görülmüştür. Çizelge 9.1 incelendiğinde BUS modeli korelasyon değerinin İRM'den yüksek olduğu görülmektedir (r=0.99). CA ile ilişkiyi en iyi ifade eden modelin BUS olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca SSE, MSE, RMSE sonuçlarının İRM'den küçük olması da bu sonucu kuvvetlendirmektedir. Bu testlere ilaveten hata oranı MRE'nin İRM ile kıyaslandığında küçük (%1.07) ve MRA oranın yüksek (%98.93) çıkması, BUS'un CA tahminde İRM yerine tercih edilebilir bir model olduğu sonucunu vermektedir.

Çizelge 9.1. GA ile bulunan VÖ kullanılarak oluşturulan modellerden tahmin edilen CA sonuçların dijital kantar ölçüleri ile karşılaştırılması ve ilişkisi

Model Adı	**Modellerin Karşılaştırılması**					
	MRE	MRA	SSE	MSE	RMSE	r
BUS	1.07	98.93	8076.5	70.23	8.38	0.99
İRM	1.85	98.15	21645.7	188.22	13.72	0.98

• Elle VÖ alma sırasında hayvana yaklaşmada yaşanılan sıkıntılardan dolayı ölçünün doğru alınamaması, ölçüm yapılırken ve CA tartım esnasında hayvanın kendini eğip bükmesi, düzgün durmaması dolayısıyla ölçümlerin hatalı alınabilmesi gibi problemler, elle ölçmede sıhhatli sonuçların alınamaması bu sistemle giderilmiştir.

• Ayrıca GA sisteminin çok fazla insana ihtiyaç duymaması, hayvanda stresin oluşmaması, strese bağlı olarak hayvanda oluşan olumsuz değişimler ve verimden kaynaklanan ekonomik kayıp v.b. problemler, temassız bir şekilde ölçebilen GA sistemi ile giderilebilmektedir. Ölçümlerin objektif ve hızlı olması, zamandan tasarruf sağlaması, birçok işlemi otomatik olarak insan gücüne ihtiyaç duymadan gerçekleştirebilmesi, böylece ekonomik olması ve sonraki analizlerde de verilerin kullanılmasına olanak verecek şekilde bilgisayara kaydediliyor olması avantajları arasında sayılabilir. Bu sistem, deneysel (EA VÖ ve DK ile CA tartma) çalışmalardaki olumsuzlukları giderebilmekte ve verimli bir şekilde kullanılabilmektedir.

Bu çalışmada Sİ'de VÖ'nin GA yöntemi ile belirlenebileceği ve bu sistem ile metrik olarak güvenilir sonuçlar elde edilebileceği gösterilmiştir. CA tahmini için iki ayrı modelin uygulandığı ve DK sonuçlarına oldukça yakın sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Sİ'in VÖ elle ölçmek yerine GA ile resimlerden ölçüleri belirlenebilir. Bu analiz ve yaklaşımlar ile sonuçlara etkili, geçerli, hızlı ve pratik olarak ulaşılabilmektedir.

9.2 Öneriler

Bu sistem ile özellikle büyük sürülerde gerekli olan CA takibinin hem daha sık hem de daha hassas yapılabilecek, ölçümlerin isabetli ve objektif olması sağlanabilecektir. Hata yapma ihtimalinin azaltılması ve değerlendirmelerin hassasiyetinin artırılması, verimliliği artıracak ve besleme programı kaynaklı muhtemel sağlık problemlerinin teşhisini ve önlenmesini de sağlayacaktır. Ayrıca büyük kapasiteli sütçü sığır işletmelerinin bütün inekleri takip etmedeki güçlükleri göz önüne alındığında tasarlanan bu GA sisteminin kullanım kolaylığı, sürü

yönetimine bilimsel katkısı, sağlayacağı zaman ve ekonomik kazanç daha iyi anlaşılmaktadır.

Bu sistem diğer hayvancılık alanlarında (etçi sığırlar, koyunlar, atlar, keçiler v.b) VÖ belirleme yanında, hayvanların farklı VÖ bulunarak (örneğin hayvanların alanları) değişik özellikleri takip etme (dış görünüşüne göre hayvanların sınıflandırılması, beslenme ve sağlıkla ilgili durumlar v.b.) ve değerlendirme imkanı da olabilir. Ayrıca Sİ üzerindeki değişik farklı bölgelerinden alınan VÖ ile de CA tahmini yapılabilir.

Özellikle bu sistem, canlı ağırlığın takibinin çok daha önemli olduğu etçi sığırlarda ve farklı disiplinlerde (tıp, mühendislik, jeoloji v.b.) değişik amaçlar için kullanılabilir. Diğer görüntü işleme teknikleri ve farklı algoritmalar ile de VÖ belirlenebilmesi işlemi gerçekleştirilebilir.

Yapılan doğrusal (tekli ve çoklu) regresyon denklemleri ile polinom (kuadratik, kübik ve dördüncü derece) denklemlerinin haricinde, parametrelerin birbirleri ile etkileşimini çarpan olarak içine dahil eden özel dereceli denklemler de oluşturularak CA tahmin edilebilir. Bununla beraber değişik lineer olmayan regresyon modelleri de oluşturularak kullanılabilir.

Kullanılan sütçü inek sayısının ve BUS'daki giriş, çıkış parametrelerinin, dilsel değişkenlerin sayıları arttırılarak ve diğer üyelik fonksiyonları veya çıkarım mekanizmaları kullanılarak da sistem performansı arttırılabilir. Diğer yapay zeka teknikleri ile (yapay sinir ağları, genetik algoritmalar v.b.) birlikte kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilebileceği düşünülmektedir. Çalışmadaki dijital kameralar haricinde, ilerideki yapılacak olan uygulamalarda, termal kameralar da kullanılarak hayvanlarda ölçüler belirlenebilir, ayrıca hayvandaki değişik özellikler (hastalık durumu, vücut kondisyon puanlaması v.b.) tespit edilebilir.

Geliştirilen otomatik fotoğraf çekim birimi, sığırların kimliklendirme işlemi için kullanılan RFID (Radio Frequency Identification) ile entegre edilerek resimlerin çekilmesi sağlanabilir. Bu şekilde sistemde iyileştirmeler yapılarak daha modüler ve esnek bir yapı ile çiftliklerde yaygın olarak kullanılması sağlanabilir.

10. KAYNAKLAR

Abdel-Aziz, Y.I., Karara, H.M., 1971. Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Object Space Coordinates in Close-Range Photogrammetry, Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry, Urbana, Illinois, pp.1-8.

Aktan, S., 2004. Sayisal Görüntü Analizinin (Digital Image Analysis) Hayvancilikta Kullanim Olanaklari Ve Metodolojisi, 4. Ulusal Zootekni Bilim Kongresi, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü, Isparta, sayfa 160-165.

Aktan, S., 2004. Sayısal Görüntü Analizi ile Etlik Piliçlerde Bazı Karkas Özelliklerinin Belirlenmesi, Hayvansal Üretim (EGEZOODER), vol. 45, pp. 14-18.

Akyıldız, F. 2007. Akvaryum otomasyonu tasarımı ve yapımı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye.

Alizadeh, H., Hasani-Bafarani, A., Parvin, H., Minaei, B, Kangavari, M.R., 2008. Dairy Cattle Judging: An Innovative Application for Fuzzy Expert System, WCECS, San Francisco, USA.

Allahverdi, N., 2002. Uzman Sistemler. Bir yapay Zeka Uygulaması. Atlas Yayınevi, İstanbul, 248 sayfa.

Allahverdi, N., 2010. Bulanık mantık ve sistemler. http://farabi.selcuk.edu.tr/ egitim/bulanik/index.html, Haziran 2010.

Altınbaşak, O., 2004. Mikrodenetleyiciler ve PIC Programlama, Altaş Yayıncılık, İstanbul.

Alyilmaz, C., Yakar, M., Yilmaz, H.M., 2010. Drawing of petroglyphs in Mongolia by close range Photogrammetry, Scientific Research and Essays, vol. 5, pp.1216-1222.

Ateş, M. 2009. PIC kullanarak güç katsayısı ölçüm devresi tasarımı ve simülasyon, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, Türkiye.

Atkinson, K.B., 1996. Close Range Photogrammetry and Machine Vision, Publisher Whittles Publishing, 371pp.

Aydoğmuş, Ö. 2006. PIC mikrodenetleyici yardımı ile DC motorun hız kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye.

Bakın, D. 2007. Çok değişkenli çoklu regresyon modelinin bulanik minmad problemi olarak modellenmesi ve global kriter yöntemiyle çözümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

Bakır, M.A., ve Aydın, C., 2006. Mesleki ve Teknik Yayınlar Serisi İstatistik, Nobel Yayın, Ankara, 297 sayfa.

Balkaya, Y. 2009. PIC serisi mikrodenetleyiciler kullanarak bir türbidimetrenin tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye.

Baş, H.G., 1993. Analitik Fotogrametri, Devinim & Full-art Ajans, İstanbul.

Baykal, N., Beyan, T., 2004. Fuzzy Logic Expert Systems and Controller, Bıçaklar Kitabevi, Ankara.

Beşdok, E., Kasap, B., 2006. 3D Nesne Modellemeye Yönelik Lazerli Bir Tarayıcı Sistemin Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi, Eleco'2006, Elektrik - Elektronik - Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ve Fuarı Bildirileri.

Bewley, J.M., Peacock, A.M., Lewis, O., Boyce, R.E., Roberts, D.J., Coffey, M.P., Kenyon, S.J., Schutz, M.M., 2008. Potential for Estimation of Body Condition Scores in Dairy Cattle from Digital Images, J. Dairy Sci., vol. 91, pp. 3439-3453.

Biçkici, B. 2006. Çok değişkenli varyans analizi ve çoklu doğrusal regresyon analizinin uygulamalı olarak karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.

Brown-Brandl, T.M., Jones, D.D., Woldt, W.E., 2005. Evaluating Modeling Techniques for Cattle Heat Stress Prediction, Biosystems Engineering, vol. 91, pp. 513-524.

Büyüksalih, G., Akçin, H., 2000. Fotogrametri ve Uzaktan Algilama Uygulamalarinda Kullanilan Video Sistemleri ve Teknik Özellikleri, vol. 123, pp. 41-55.

Cavero, D., Tölle, K.-H., Buxadé, C., Krieter, J., 2006. Mastitis detection in dairy cows by application of fuzzy logic, Livestock Science, vol. 105, pp. 207-213.

Cavero, D., Tölle K.-H., Henze, C., Buxadé, C., Krieter J., 2008. Mastitis detection in dairy cows by application of neural networks, Livestock Science, vol. 114, pp. 280-286.

Cveticanin, D., Wendl, G., 2004. Dynamic weighing of dairy cows: using a lumped-parameter model of cow walk, Computers and Electronics in Agriculture, vol. 44, pp. 63-69.

Dinçer, K., Taşdemir, Ş., Başkaya, Ş., Üçgül, İ., Uysal, B.Z., 2008. Fuzzy Modeling of Performance of Counterflow Ranque-Hilsch Vortex Tubes with Different Geometric Constructions, Numerical Heat Transfer Part B: Fundamentals, vol. 54, pp. 499-517.

Doeschl-Wilson, A.B., Whittemore, C.T., Knap, P.W., Schofield, C.P., 2004. Using visual image analysis to describe pig growth in terms of size and shape, Animal Science, vol. 79, pp. 415-427.

Doeschl-Wilson, A.B., Green, D.M., Fisher, A.V., Carroll, S.M., Schofield, C.P., Whittemore, C.T., 2005. The relationship between body dimensions of living pigs and their carcass composition, Meat Science, vol. 70, pp. 229-240.

Edizer, E., 2006. Sayısal Görüntü İşleme Yöntemi ile Tane Boyut Dağılım Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye.

Elmas, Ç., 2003. Bulanık Mantık Denetleyiciler, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 230 sayfa.

Enevoldsen, C., Kristensen, T., 1997. Estimation of Body Weight from Body Size Measurements and Body Condition Scores in Dairy Cows,.J Dairy Sci., vol. 80, pp. 1988-1995.

Erdoğan, C., 2005. Tarihi Çeşmelerin Digital Fotogrametrik Yöntemle Rölövelerinin Hazırlanması, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Mühendislik Ölçmeleri STB Komisyonu 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, sayfa 187-200, İstanbul, Türkiye.

Fang-Jenq, C., 1997. Application of Least-Squares Adjustment Technique to Geometric Camera Calibration and Photogrammetric Flow Visualization, ISA 43rd International Instrumentation Symposium, Orlando, Florida.

Gong, L., Kulikowski, C.A., 2001. Defining spatial context for focused image analysis, IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, vol. 2, pp. 1184-1187.

Gonzalez, R.C., Woods R.E., 1993. Digital Image Processing. Addison-Wesley Publishing, 716 p. New York.

Gonzalez, R.C., Woods R.E., 2002. Digital Image Processing, Pearson Prentice Hall, New Jersey. 793 p.

Gökgündüz, H. B., 2008. Designing and developing of the vehicle recognition control systems by using RF method, M. Sc. Thesis, Selçuk University, Konya, Turkey.

Göktepe, A., 2005. An experimental study of digital photogrammetric methods and its evaluation on the in vitro arthroplasty models. Ph. D. thesis, Selçuk University, Konya, Turkey.

Güler, M., Sözen, Ş., Özen, M., 2007. Görüntü Yöntemlerinin Beton Mikro Yapısının ve Çelik Birleşimlerin Deformasyon Davranışlarının Belirlenmesinde uygulanması, Tübitak Proje No: 105M085, Ankara.

Gülbağ, A. 2006. Yapay sinir aği ve bulanik mantik tabanli algoritmalar ile uçucu organik bileşiklerin miktarsal tayini, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye.

Halachmi, I., Polak, P., Roberts, DJ., Klopcic, M., 2008. Cow Body Shape and Automation of Condition Scoring, J. Dairy Sci., vol. 91, pp. 4444–4451.

Haykın, S., 1998. Neural Networks, A Comprehensive Foundation, Second Edition, Pearson Prentice Hall, Canada.

Heinrichs, J., Rogers, G.W., Cooper, J.B., 1992. Predicting Body Weight and Wither Height in Holstein Heifers Using Body Measurements, J Dairy Sci., vol. 75, pp. 3576-3581.

Heinrichs, J, Hargrove, GL. (1994). Standards of Weight and Height for Ayrshire, Brown Swiss, and Milking Shorthorn Heifers. J Dairy Sci. 77:1676-1681.

İnal, Ş., 1998. Biyometri, Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayın Ünitesi, Konya.

İyi, P. 2006. Genetik algoritma uygulanarak ve bilgi kriterleri kullanılarak çoklu regresyonda model seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye.

Karakuş, D., 2006. Görüntü analiz yöntemleri ile kayaçların yapısal özelliklerinin tanımlanması, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.

Karslı, E., Ayhan, E., Tunç, E., 2003. Genelleştirilmiş DLT metodu ile Dijital Kamera Geometrik Kalibrasyonu, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Karslı, E., Ayhan, E., 2005. Orta ve Yüksek Çözünürlüklü Dijital Kameraların Metrik Performanslarının Belirlenmesi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Kristensen, R., 2003. Information from on-line live weight assessment for optimal selection of slaughter pigs for market, EFITA Conference, 5-9. July 2003, Debrecen, Hungary.

Kramer, E., Cavero, D., Stamer, E., Krieter, J., 2009. Mastitis and lameness detection in dairy cows by application of fuzzy logic, Livestock Science, vol. 125, pp. 92-96.

Kraus, K., 2007. Fotogrametri Cilt 1, Nobel Yayın Dağıtım, 7. Basımdan Çeviri, Ankara 462 sayfa.

Kropatsch, W.G., Bischof, H., 2001. Digital Image Analysis Selected Techniques and Applications, Springer-Verlag , New York.

Kurtuluş, Ö., 2000. Sayısal Görüntüleme Teknolojisi, Bilim ve Teknik, 392, 70-74.

Lucchese, L., 2005. Geometric calibration of digital cameras through multi-view rectification, Image and Vision Computing, vol. 23, pp. 517-539.

Mcandrew, A., 2004. Introduction to Digital Image Processing with MATLAB, Thomson/Course Technology, Boston, 509 p.

Mollah, B.R., Hasan, A. Salam, A., Ali, A., 2010. Digital image analysis to estimate the live weight of broiler, Computers and Electronics in Agriculture, vol. 72, pp. 48–52.

Negretti, P., Bianconi, G., Finzi, A., 2007. Visual image analysis to estimate morphological and weight measurements in rabbits, World Rabbit Science, vol. 15, pp. 37-41.

Negretti, P., Bianconi, G., Bartocci, S., Terramoccia, S., Verna, M., 2008. Determination of live weight and body condition score in lactating Mediterranean buffalo by Visual Image Analysis, Livestock Science, vol. 113, pp.1-7.

Nguyen, H.T., Walkey, E.A., 1996. A First Course in Fuzzy Logic, Chapman and Hall.

Nguyen, H.T., Prasad, N.R., Walker, C.L., Walker, E.A., 2003. A First Course In Fuzzy and Neural Control, Chapman and Hall/CRC, USA, 2003.

Özcan, M., Günay, H., 2009. Mikrodenetleyici Geliştirme Seti Tasarım ve Uygulamaları, Journal of Technical-Online, vol. 8, pp. 307-320.

Özkaya, S., Yalçın, B., 2008. The relationship of parameters of body measures and body weight by using digital image analysis in pre-slaughter cattle, Arch. Tierz., Dummerstorf . vol. 51, pp. 120-128.

Pastorelli, G., Musella, M., Zaninelli, M., Tangorra, F., Corino, C., 2006. Static spatial requirements of growing-finishing and heavy pigs, Livestock Science, vol. 105, pp. 260-264.

Russell, S.J., Norvig, P. 1995. Artificial Intelligence : A Modern Approach, Prentice-Hall.

Salskia, A., Holsten, B., 2006. A fuzzy and neuro-fuzzy approach to modelling cattle grazing on pastures with low stocking rates in Central Europe, Ecological Informatics, vol. 1, pp. 269-276.

Sarıtaş, İ. 2008. Elektromanyetik filtre tasarımı ve yapay zeka yöntemleriyle adaptif kontrolü. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.

Sayın, C. Ertunc, H.M. Hosoz, M., Kilicaslan, İ., Canakci, M., 2007. Performance and exhaust emissions of a gasoline engine using artificial neural network, Applied Thermal Engineering, vol. 27, pp. 46-54.

Schofield, P., Marchant, J.A., White, R.P., Brandl, N., Wilson, M., 1999. Monitoring Pig Growth using a Prototype Imaging System, J. Agric. Engng Res., vol. 72, pp. 205-210.

Stajnko, D., Brus, M., Hočevar, M., 2008. Estimation of bull live weight through thermographically measured body dimensions, Computers and Electronics in Agriculture, vol. 61, pp. 233-240.

Süzenler, O. 2006. Dalgıçların hava tüketimini etkileyen değişkenlerin analizi ve bir çoklu regresyon modeli uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Deniz Harp Okulu, İstanbul, Türkiye.

Şahin, H., Dayanık, A., ve Altınbaşak, C., 2006. PIC Programlama Teknikleri ve PIC16F877A, Altaş Yayıncılık, İstanbul.

Şen, Z., 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, Bilge Kültür Sanat, İstanbul.

Şen, Z., 2004. Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri, Bilge Kültür Sanat, İstanbul.

Şentürk, S. 2006. Deney planlamasinda bulanik mantik yaklaşimi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.

Takagi, T., Sugeno, M., 1985. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control, IEEE Trans. Syst. Man Cybernetics 15 116–132.

Taşdemir, Ş., Yakar, M., Ürkmez, A., İnal, Ş., 2008. Determination of Body Measurements of a Cow by Image Analys, CompSysTech'08: International Conference on Computer Systems, Bulgaria, pp. V.8-1-V.8-7.

Taşdemir, Ş., Ürkmez, A., Yakar, M., İnal, Ş., 2009. Determination of camera calibration parameters at digital image analysis, IATS'09, 13-15 May, Turkey, 2009.

Taşdemir, Ş., Ürkmez, A., İnal, Ş., 2010. Design of a Microcontroller Supported Automatic Photo-Shooting Unit, Journal of Technical-Online, vol. 9, pp. 99-109.

Tekin, M.E., 2010. Örneklerle Bilgisayarda İstatistik, Selçuk Üniversitesi Basımevi, Konya, 258 sayfa.

Turgutlu, H.F., 2002. The Control of an experimental industrial system by using a PIC microcontroller, M. Sc. Thesis, Niğde University, Niğde, Turkey.

Tüdeş, T., 1996. Yer Fotogrametrisi, KTÜ Basımevi, Mühendislik Fakültesi yayını, No : 105, Trabzon.

Wang, L.X., 1997. A Course in Fuzzy Systems and Control, Pearson Education POD, 1st Edication, 424 pages.

Wang, J., Shi, F., Zhang, J., Liu, Y., 2008. A new calibration model of camera lens distortion, Pattern Recognition, vol. 41, pp. 607-615.

Wang, Y., Yang, W., Winter, P., Walker, L., 2008. Walk-through weighing of pigs using machine vision and an artificial neural network, Biosystems Engineering, vol. 100, pp.117-125.

WEB1, 2010. Pic16F877 Data sheet, http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30292c.pdf.

WEB2, 2010. Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknolojik Malzeme Araştırma ve Uygulama Merkezi, Arşiv, http://temagem.sdu.edu.tr/arsiv/pdf07.pdf.

WEB3, 2010, Korelasyon, http://www.istatistikmerkezi.com/makale,istatistik-korelasyon-analizi,147.html.

WEB4, 2010, En Küçük Kareler Yöntemi, http://www.baskent.edu.tr/~afet/dersler/genel_matematik_2/dersnotlari_listesi/DERS_%207.pdf.

WEB5, 2010, Temel İstatistik, http://www.istatistikmerkezi.com/makale,istatistik-nedir,143.html.

WEB6, 2010, Regresyon-Korelasyon, http://www.istatistikmerkezi.com/makale,spss-regresyon-korelasyon-karsilastirma,116.html.

WEB7, 2010. Örüntü Tanıma Sistemleri Ders Notları,http://perweb.firat.edu.tr/personel/yayinlar/fua_69/69_22586.pdf.

WEB8, 2010. Görüntü İşleme, http://yzgrafik.ege.edu.tr/~tekrei/dosyalar/sunum/gi.pdf.

WEB9, 2010. Sayısal Görüntü İşleme, http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm.

WEB10, 2010, Camera calibration toolbox for Matlab, http://www.ee.oulu.fi/~jth/calibr_old/

WEB11, 2010, Aycan Tez Fotogrametri, http://jeodezi.karaelmas.edu.tr/linkler/akademik/marangoz/marangoz_files/Yayinlar/C/AycanTezy.pdf.

WEB12, 2010, DLT Method, http://www.kwon3d.com/theory/dlt/dlt.html.

WEB13, 2010, XUK5APANL2 fotoelektrik sensor manuel, http://www.schneider-electric.ca/sites/canada/en/home.page.

WEB14, 2010, Bosch DLE 150 Connect Professional manuel, http://www.bosch-pt.com/productspecials/professional/dle-150-connect/en/merkmale/index.htm.

Wet, L.D., Vranken, E., Chedad, A., Aerts, J.-M., Ceunen, J., Berckmans, D., 2003. Computer-assisted image analysis to quantify daily growth rates of broiler chickens, British Poultry Science, vol. 44, pp.s 524-532.

Wilson, L.L., Egan, C.L., Terosky, T.L., 1997. Body measurements and body weights of special-fed Holstein veal calves, J. Dairy Sci., vol, 80 pp. 3077-3082.

Wolf, P.R., Dewitt, B. A., 2000. Elements of Photogrammetry with GIS applications, The Mc Graw-Hill Companies, 3rd Edition, USA.

Wu, J., Tillett, R., McFarlane, N., Ju, X., Siebert, J. P., Schofield, P., 2004. Extracting the three-dimensional shape of live pigs using stereo photogrammetry, Computers and Electronics in Agriculture, vol. 44, pp. 203-222.

Yakar, M., 2004. Yakın Resim Fotogrametrisi ve Uygulama Alanları, Ders Notu, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Yalçın, H., Taşdemir, Ş., 2007. Fuzzy expert system approach for determination of α-linoleic acid content of eggs obtained from hens by dietary flaxseed, Food Science and Technology International, vol. 13, pp. 217-223.

Yaman, K., Sarucan, A., Atak, M., Aktürk, N., 2001. Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme ve Arıma Modelleri Yardımıyla Veri Hazırlama, J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ., vol 16, pp. 19-40.

Yılmaz, N., 2005. Web tabanlı mobil robot sistemi tasarımı, gerçekleştirilmesi ve uygulamaları, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.

Yüce, F., 2002. Bir Yol Kavşağı İçin Trafik Işığı Modelinin PIC Mikrodenetleyicisi Kullanılarak Kontrolü, Lisans Bitirme Ödevi, Niğde Universitesi, Niğde, Türkiye.

Yüksek, A. G. 2007. Hava kirliliği tahmininde çoklu regresyon analizi ve yapay sinir ağları yönteminin karşılaştırılması, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Türkiye.

Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy Sets. Information and Control 8.3: 338-353.