T.C.

MALTEPE ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ULUSLARARASI TİCARET VE LOJİSTİK ANABİLİM DALI

YAPAY GÖRME SİSTEMLERİNİN YATIRIM KARLILIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

DOKTORA TEZİ

ALİ ÖZCAN

121157107

Danışman Öğretim Üyesi:

Yrd. Doç. Dr. H. Halefşan SÜMEN

İstanbul, Ocak 2016

T.C. Maltepe Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

24.12.2015 tarihinde tezinin savunmasını yapan Ali ÖZCAN'a ait "Yapay Görme Sistemlerinin Yatırım Karlılığının Değerlendirilmesi İçin Bir Model Önerisi" başlıklı çalışma, Jürimiz Tarafından Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetimi Doktora Programında Doktora Tezi Olarak Oy Birliği/~~Oy Çokluğu~~ İle Kabul Edilmiştir.

.....

Prof.Dr. Sadettin ÖZEN
(Başkan)

.....

Prof.Dr. Aytül ERÇİL
Jüri Üyesi

.....

Prof.Dr. Melek AKGÜN
Jüri Üyesi

.....

Yrd.Doç.Dr. Halil H. SÜMEN
Jüri Üyesi-Danışman

.....

Yrd.Doç.Dr.Erdal GÜVENOĞLU
Jüri Üyesi

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmam süresince her zaman yardım ve fedakârlığını sağlayan, bilgi, tecrübe ve güler yüzü ile çalışmama ışık tutan, tez danışmanım Sayın Hocam Yrd. Doç. Dr. H. Halefşan SÜMEN'e,

Her zaman bilgi ve tecrübesinden yararlandığım, sektördeki gelişmeler hakkında yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Aytül ERÇİL ve Sayın Prof. Dr. Sadettin ÖZEN'e,

Yazılım ve veri analizi konusunda verdiği desteklerden dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Erdal GÜVENOĞLU'na,

Yetiştirilmemde emeği geçen, maddi, manevi hiçbir desteklerini esirgemeyen, bugünlerimin yegane nedenleri anneme, babama ve hayat arkadaşım biricik eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ali ÖZCAN

ÖZET

Günümüzde Moore yasasına uygun şekilde gücü hızla artıp ucuzlayan bilgisayarlar yapay görme sistemlerinin yaygınlaşmasının önünü açmıştır. Bununla beraber yapay görme sistemlerinin yazılımlar, kameralar, ışık sistemleri gibi başka bileşenler gerektirmesi ve bu bileşenlerin entegrasyonu ile eğitim çalışmaları konuyu ciddi bir yatırım konumuna getirmektedir. Kuşkusuz yapay görme sistemlerinin endüstride ve iç lojistik uygulamalarda kalitesizlik maliyetlerini azaltan çok önemli bir araç olması yatırımları teşvik etmektedir. Ancak ekonomiklik ilkesine uyması da vazgeçilemez koşuldur. Dolayısı ile bu sistemlerin kullanıldıkları süre boyunca götürülerinin üstünde getiri sağlamalarına dikkat edilmelidir.

Bu çalışmada kalite iyileştirmeleri sağlamak amaçlı kullanılması düşünülen yapay görme sistemlerinin yatırım karlılığının anlaşılmasını kestirecek bir model tanıtılmaktadır. Ülkemiz genelinde yürüttüğümüz araştırmalar ile EMVA (European Machine Vision Association) ile yaptığımız görüşmeler çerçevesinde temin edilen veriler benzer bir modelin bulunmaması nedeniyle kimi karsız yatırımların yapılmakta olduğu, kimi karlı olabilecek yatırım fırsatlarının kaçırıldığı gerçeklerini ortaya çıkartmıştır. Model, kalitesizlik maliyetlerini, yapay görme sisteminin tahmini bedelini, kalitesizlik maliyetlerinde yapay görme sistemi sayesinde sağlanabilecek tasarruf tutarını veri olarak almakta ve iki soruya yanıt üretmektedir. İlk soru yatırımın mevcut koşullar altında kar sağlayıp sağlayamayacağı, ikinci soru da karlı yatırımların kar oranlarının ne düzeyde olacağıdır. Bu yanıtlar sayesinde gerek yapay görme çözüm sağlayıcı firmalar, gerekse de müşteri adayları gerekçeli kararlar alabilecek, örneğin sağlayıcı firma yatırım karlılığı için hangi fiyat düzeylerine inmesi gerektiğini görebilecek, müşteri adayı firma da getirilerine bakarak yatırım alternatifleri listesinde yapay görme konusunu hangi sıraya alabileceğini belirleyecektir.

Anahtar sözcükler: Yapay görme, kalite kontrol, kalitesizlik maliyetleri, otomatik görsel muayene

ABSTRACT

Nowadays in accordance with Moore rule, computers are getting cheaper and powerful, thus it is now possible to use machine vision systems more widely. However since artificial vision systems also necessitate other components and activities, like softwares, cameras, lighting systems, networking and training, they bring significant capital requirement. Machine vision Systems is an important and highly demanded tool for reducing costs due to poor quality, in industry & logistics applications. However, it is also essential to comply with the economic principle conditions. Therefore, the total investment level for the lifetime of these systems should be lower than the cost of savings.

In this study, a model of machine vision system is being introduced, that is intended to be used for quality improvement in order to provide predictive understanding of the return on investment. As there is no similar model we could use, with respect to the research we carried out all accross Turkey and our interviews with EMVA (European Machine Vision Association), we understood that, there are many unprofitable investmenst being made, whatsmore many opportunaties for profitable investments are missed. Our model, takes the data of the costs due to poor quality, estimated cost of the machine vision system, and the amount of savings that could be achieved in poor quality costs with the help of machine vision system. This model creates answers to the following two questions. First question is whether the investment of current circumstances can produce any profit. Second question is the rate of profitibility of the profitable investments. With the help of these answers, both machine vision solution supplier Companies, and customer candidates will be able to make decisions, for example, supplier company will see the price levels of discount, also the customer candidate will check the return advantages and will decide the ranking of machine vision subject within it's investment list.

Keywords: Machine vision, quality control, cost of poor quality, automated visual inspection

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ i

ÖZET ii

ABSTRACT iii

İÇİNDEKİLER iv

KISALTMALAR vii

TABLOLAR viii

ŞEKİLLER ix

1. GİRİŞ 1

1.1. Araştırmanın Amacı 4

1.2. Görüntü İşleme Ve Görüntü Analizi 4

1.3. Yapay Görme Ve Kalitesizlik Maliyetleri Üzerine Literatür Araştırması 9

1.4. Yapay Görme Uygulamaları 12

1.5. Yapay Görme Sistemlerinin Bileşenleri 13

1.5.1. Kameralar 14

1.5.1.1. Çözünürlük 14

1.5.1.2. Duyarlılık 14

1.5.1.3. Renk 14

1.5.1.4. Kamera Arayüzü 14

1.5.1.5. Yazılım 15

1.5.1.6. Kamera Çeşitleri 15

1.5.1.7. CCD Kameralar 17

1.5.1.8. CMOS Kameralar 18

1.5.1.9. CCD ve CMOS Kameraları Arasındaki Temel Farklar 19

1.5.1.10 Kamera Arayüzü ve Çerçeve Yakalayıcılar 20

1.5.2. Lensler 20

1.5.2.1. Lens Seçimi 23

1.5.2.2. Yapay Görme Uygulamalarında En Çok Kullanılan Lens Çeşitleri 23

1.5.2.3. Odak Uzaklığı Hesaplama 24

1.5.2.4. Alan Derinliği 26

1.5.2.5. Temel Görüntü Kavramları 28

1.5.6. Aydınlatma 32

1.5.6.1. Işık ve Renk 33

1.5.6.2. Yansıma 33

1.5.6.3. Aydınlatma Teknikleri 34

1.5.6.4. Halka Aydınlatma 35

1.5.6.5. Spot Aydınlatma 35

1.5.6.6. Arka Fon Aydınlatma (Backlight) 35
1.5.6.7. Karanlık Alan Aydınlatma (Darkfield) 36
1.5.6.8. Eksen Işığı Aydınlatma 36
1.5.6.9. Kubbe (Elipsoit) Işığı Aydınlatma 37
1.6. Yapay Görme Sistemlerinin Sağladığı Avantajlar 38
1.7. Yapay Görme Sistemlerinin Kalite Kontrol Uygulamaları 40
2. YÖNTEM 45
2.1. Maliyet Gerekçelendirme 49
2.1.1. Malzeme Maliyetleri Açısından Gerekçelendirme 50
2.1.2. İşçilik Maliyetleri Açısından Gerekçelendirme 50
2.1.3. Kalite Maliyetleri Açısından Gerekçelendirme 50
2.2. İhtiyaçların Belirlenmesi 51
2.2.1. Sistemin Gerçekleştirmesi Beklenen Görev Nedir? 51
2.2.2. Görsel Performans Ölçütleri Nelerdir? 51
2.2.3. Çevresel Faktörler Nelerdir? 52
2.2.4. Sistemi Kim Programlayacak? 52
2.2.5. Birlikte Çalışacak Araçlardan Beklentiler Nelerdir? 52
2.2.6. Sistem Ne Tür Bilgiler Vermelidir? 52
2.2.7. Operatör Gereksinimleri Nelerdir? 53
2.3. Kalitesizlik Maliyetleri 53
2.3.1. Önleme Maliyetleri 54
2.3.2. Ölçme- Değerlendirme Maliyetleri 55
2.3.3. İç Başarısızlık Maliyetleri 57
2.3.4. Dış Başarısızlık Maliyetleri 58
2.4. Proje Değerleme Ve Yatırım Analizi Yöntemleri 60
2.4.1. Geri Ödeme Süresi Yöntemi 61
2.4.2. Ortalama Karlılık Yöntemi 63
2.4.3. Net Bugünkü Değer Yöntemi 64
2.4.4. İç Verim Oranı Yöntemi 65
2.4.5. Fayda/Masraf Oranı Yöntemi 65
3. BULGULAR 67
3.1. İç Başarısızlık Bulguları 67
3.2. Dış Başarısızlık Bulguları 70
3.3. Önleme Maliyetleri Bulguları 73
3.4. Ölçme Maliyetleri Bulguları 76
3.5. Maliyet Analizleri Sonuçları ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**
3.6. Örnek Uygulamada Kalitesizlik Maliyetleri Hesap Sonuçları ve Yorumlar 79
4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA 82

5. KAYNAKLAR 86
6. EKLER.....92
7. ÖZGEÇMİŞ 100

KISALTMALAR

PLC : Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
USD : Amerikan Doları
MIT : Massachusetts Institute of Technology
DSP : Sayısal Sinyal İşlemcisi
SDK : Yazılım Geliştirme Kiti
DCAM : Veri Yönetimi Yetenek Modeli
CCD : Yüklenme İliştirilmiş Cihaz
CMOS : Bütünleyici Metal Oksit Yarı İletken
IEEE : Elektrik – Elektronik Mühendisleri Enstitüsü
FOV : Görüntülenen Alan
LTO : Nesne Uzaklığı
MOD : Minimum Nesne Uzaklığı
DOF : Alan Derinliği
ANT : Kalitesizlik Maliyetlerinin Önlenmesinden Doğan Aylık Kar
YGS : Yatırım Geri Ödeme Süresi
NBD : Net Bugünkü Değer

TABLOLAR

Tablo 1.1. Görüntü İşleme İşlem Seviyeleri ve Kullanım Alanları…….……...7

Tablo 1.2. İncelenen Ürünlerin Olası Özellikleri…..…….……8

Tablo 2.1. Kalite Maliyet Etmenleri…….……..…….…….……59

Tablo 2.2. Proje Değerleme Yöntemleri…….……..…….…….…..60

ŞEKİLLER

Şekil 1.1. Basit Bir Yapay Görme Sistemi Tasarımı 2
Şekil 1.2. Yapay Görme Sistemlerinde Bileşenler Arası Etkileşim 3
Şekil 1.3. Görüntü ve histogramı 5
Şekil 1.4. (a) Dijital Görüntünün Gri Seviyesi, (b) Bir Fotoğrafın Gri Seviyesi 6
Şekil 1.5. Sony Marka Bir CCD Kamera 18
Şekil 1.6. Görüş Açıları ve Görme Alanları 22
Şekil 1.7. İlk şekil, geniş açılı lens ve kısa odak uzaklıklığı (8 mm) ile, ikincisi aynı mesafede orta odak uzaklığı (25 mm) ile, üçüncüsü ile uzun odak uzaklığı (50 mm) 22
Şekil 1.8. Görüş Alanı 25
Şekil 1.9. Farklı Diyafram Açıklıkları 25
Şekil 1.10. Alan Derinliğinin Cismin Uzaklığına Göre Değişimi 26
Şekil 1.11. Alan Derinliği 27
Şekil 1.12. Küçük ve Büyük Diyafram Açıklıkları, Sığ ve Derin Alan Derinliği 27
Şekil 1.13. Uzaklık Halkaları 28
Şekil 1.14. Çok Küçük Bir Nesnenin 8x8 Piksellik Boyutlardaki Örneği 29
Şekil 1.15. Çözünürlüklerin Karşılaştırılması 29
Şekil 1.17. Binary: Her Piksel İçin Bir Bit 31
Şekil 1.18. Gri Skala: Genel Olarak Her Piksel İçin Bir Byte 31
Şekil 1.19. Renkli: Genel Olarak Her Piksel ve Renk İçin Bir Byte, Tüm Renk Bilgilerini Gözlemlemek İçin Üç Byte 31
Şekil 1.20. Sırasıyla Binary, Gri Skala ve Renkli Görüntülerin Karşılaştırılması 31
Şekil 1.21. Parlak Bir Yüzeyde Tam Yansıma 34
Şekil 1.22. Dağınık Yansıma 34
Şekil 1.23. Tipik Bir Arka Fon Aydınlatma Işık Kaynağı 35
Şekil 1.24. Darkfield Aydınlatma İle Yapay Görme Uygulaması 36
Şekil 1.25. Çevre Işıkları ve Eksen Işığıyla Aydınlatılan Nesnelerin Görüntüsü 36
Şekil 1.26 Elipsoit Yansıtıcının Enine Kesiti 37
Şekil 1.27. Kubbe (Dome) Aydınlatma İle Yapay Görme Uygulaması 38
Şekil 1.28. Yapay Görme ve İnsan Gözü Fonksiyonları 39
Şekil 2.1. Averna Technologies'in 20 Yapay Görme Uygulamaası Verilerine Göre Maliyet Oranları 47
Şekil 2.2. Yatırım Kararı ve Geri Ödeme Süresi Süreç Şeması 48
Şekil 3.1. Yazılımın Başlangıç Ekran Görüntüsü 67
Şekil 3.2. İç Başarısızlık Analizi Ekran Görüntüsü 69
Şekil 3.3. İç Başarısızlık Maliyet Analizi Ekran Görüntüsü 69
Şekil 3.4. İç Başarısızlık Maliyet Hesabı Sonuçlarının Ekran Görüntüsü 70
Şekil 3.5. Dış Başarısızlık Analizi Ekran Görüntüsü 72
Şekil 3.6. Dış Başarısızlık Maliyet Analizi Ekran Görüntüsü 72
Şekil 3.7. Dış Başarısızlık Maliyet Hesabı Ekran Görüntüsü 73
Şekil 3.8. Önleme Maliyetleri Ekran Görüntüsü 75
Şekil 3.9. Önleme Maliyetleri Analizi Ekran Görüntüsü 75
Şekil 3.10. Önleme Maliyetleri Ekran Görüntüsü 76
Şekil 3.11. Ölçme Maliyetleri Ekran Görüntüsü 77
Şekil 3.12. Ölçme Maliyetleri Analizi Ekran Görüntüsü 78
Şekil 3.13. Ölçme Maliyetleri Hesap Sonuçları Ekran Görüntüsü 78

Şekil 3.14. Yatırım Karlılık Analizi Hesap Sonuçları Ekran Görüntüsü 79

1. GİRİŞ

İnsan muayenesi eksiksiz bir kalite kontrol gerçekleştirebilir, fakat zaman harcayan bir iştir. Ayrıca operatörler arasında tutarsızlıklara neden olabilir. En basit ve en çok kullanılan yöntem olmasına rağmen, insan hatası, yavaşlığı ve rahatsızlıklarından dolayı birçok dezavantajı vardır. Diğer taraftan gerçek zamanlı muayene artan hız, doğruluk ve güvenilirlik açısından daha çok avantaj sunar. Buna ilaveten görsel temelli sistemler tüm dünyada birçok endüstriyel sektöre uygulanabilir.

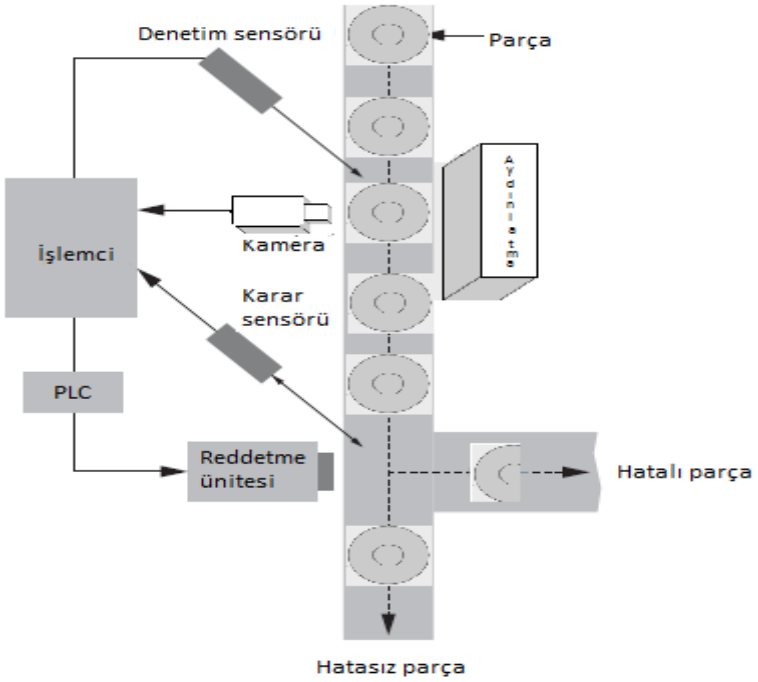
Otomatik muayene sistemlerinin önemli bir problemi ücretleridir. Fiyatları 30.000 USD' den başlayarak 200.000 USD'ye kadar çıkabilmektedir. Görsel muayene sisteminin amacı, kabul edilen parça ile reddedilen parçayı birbirinden ayırarak kalite güvencesini sağlamaktır. Bunu sağlamak için, tasarım aşamasında dikkatli bir planlama yapılmalıdır. Oryantasyon, gözlem yapılabilmesi için nesneye yönelik olmalıdır. Sistem, toplam kalite kontrolü sağlamak için aşağıdaki özellikleri kapsamalıdır:

- Uygun ışıklandırma kontrolü
- Gelecekteki değişikliklere uyum sağlaması için esnek bir yazılım geliştirme
- Karar destek sistemi, bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli üretim planlama sistemleri arasında iletişimi sağlamak için network sistemi.

Üretim yapılan her türlü sanayide kalite kontrol faaliyetlerinden doğan zaman, malzeme ve işgücü gibi kaynakların verimliliği ve üretkenliği düşürdüğü gözlemlenmektedir. Gerçekleştirilen faaliyetler temel alınarak, süreçlerin yapay görme sistemleri ile entegre edilmesi ile bu tür kayıpların önüne geçilebildiği anlaşılmıştır. Fakat işletmelerin böyle bir yapay görme teknolojisine geçişleri için formülize edilmiş yatırım geri dönüşünü hesaplayarak karlılık analizi yapan bir gelişmiş model yoktur. Bu nedenlerden dolayı bu konu incelenmeye değer bir içerik arz etmektedir.

Yapay görme, bilim ve teknoloji alanında genç bir disiplindir. Bu disiplin, 25 yıldır bir sanayi aracı olarak kullanılmaktadır ve yüksek bir hızda büyümektedir. Manuel olarak yapılan denetim ve ölçümlerin dijital kamera ve görüntü işleme aracılığıyla otomatikleştirilmesi teknolojisidir. Yapay görme, endüstriyel alanın gelişmesinde büyük bir verimlilik ve başarı ortaya çıkarmıştır. Çeşitli sektörlerde yapay görme uygulamaları tipik ölçümler, sayma, kalite kontrol, nesne sıralama ve robotik gibi işler için kullanılmaktadırlar. Maliyetleri azaltması, insan gücü kullanımını azaltması, doğruluk ve güvenirliğinin önemli bir seviyeye gelmiş olmasından dolayı, ürün muayenesi ve analizi alanlarında önemli bir araç haline gelmiştir (Davies, 1998).

Teknolojideki son gelişmeler sayesinde yapay görme sistemleri ile nesnelerin boyutları ve alanları gibi birçok farklı özellikleri belirlenebilmektedir. Yapay görme uygulamalarını tıp, endüstri ve güvenlik sektörlerinde birçok farklı amaç için entegre edilmiş olarak görebilmekteyiz.

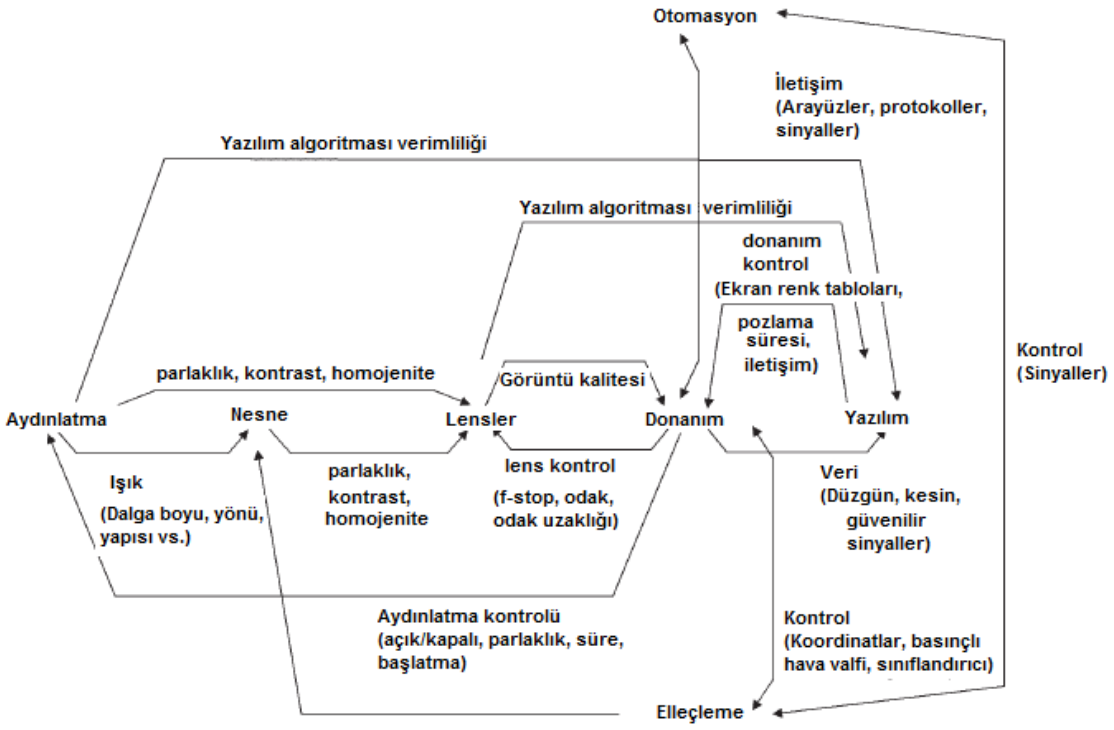


Şekil 1.1. Basit Bir Yapay Görme Sistemi Tasarımı

Kaynak: SME Automation and Assembly Summit, 2004, s.3

Yapay görme terimi çok geniş anlamlı bir terimdir ve çok kapsamlıdır. Birçok matematiksel teoriler, görüntü elde etme, görüntü işleme ve analizi gibi birçok faaliyet yapay görme dünyasını oluştururlar. Bu yüzden, tüm bunları dikkate alırsak yapay görmeyi tek bir cümle ile tanımlamak güçtür.

Yapay görme temel olarak dört adımda çalışır: 1) görüntüleme, 2) işleme ve analiz etme, 3) sonuç elde etme ve 4) eylem. Yapay görme uygulamaları endüstrilere göre sınıflandırılabilir; örneğin, otomotiv, elekronik, gıda, lojistik, üretim, robot teknolojisi, ambalajlama, farmasötik, çelik, maden ve kereste sanayileri gibi. (Kirtan, Zalte ve Panchal, 2013).



Şekil 1.2. Yapay Görme Sistemlerinde Bileşenler Arası Etkileşim

Kaynak: Blug, A. Jetter, V., Strohm, P., Carl, D. & Hofler, H., 2010

Şekil 1.2' den de görüleceği üzere tüm bileşenler birbirleri ile etkileşim içerisindedir. Örneğin aydınlatmayı veya diğerlerini sistemden ayrı, bağımsız olarak düşünemeyiz. Aydınlatma tasarımındaki herhangi bir değişiklik, yapay görme bileşenlerinin tüm parametrelerinin (lensler, kameralar, yazılım ve diğer donanım parametreleri) değiştirilmesine neden olacaktır.

1.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmada kalite iyileştirmeleri sağlamak amaçlı kullanılması düşünülen yapay görme sistemlerinin yatırım karlılığının anlaşılmasını kestirecek bir model tanıtılmaktadır. Ülkemiz genelinde yürüttüğümüz araştırmalar ile EMVA (European Machine Vision Association) ile yaptığımız görüşmeler çerçevesinde temin edilen veriler benzer bir modelin bulunmaması nedeniyle kimi karsız yatırımların yapılmakta olduğu, kimi karlı olabilecek yatırım fırsatlarının kaçırıldığı gerçeklerini ortaya çıkartmıştır. Model, kalitesizlik maliyetlerini, yapay görme sisteminin tahmini bedelini, kalitesizlik maliyetlerinde yapay görme sistemi sayesinde sağlanabilecek tasarruf tutarını veri olarak almakta ve iki soruya yanıt üretmektedir. İlk soru yatırımın mevcut koşullar altında kar sağlayıp sağlayamayacağı, ikinci soru da karlı yatırımların kar oranlarının ne düzeyde olacağıdır. Bu yanıtlar sayesinde gerek yapay görme çözüm sağlayıcı firmalar, gerekse de müşteri adayları gerekçeli kararlar alabilecek, örneğin sağlayıcı firma yatırım karlılığı için hangi fiyat düzeylerine inmesi gerektiğini görebilecek, müşteri adayı firma da getirilerine bakarak yatırım alternatifleri listesinde yapay görme konusunu hangi sıraya alabileceğini belirleyecektir.

1.2. Görüntü İşleme Ve Görüntü Analizi

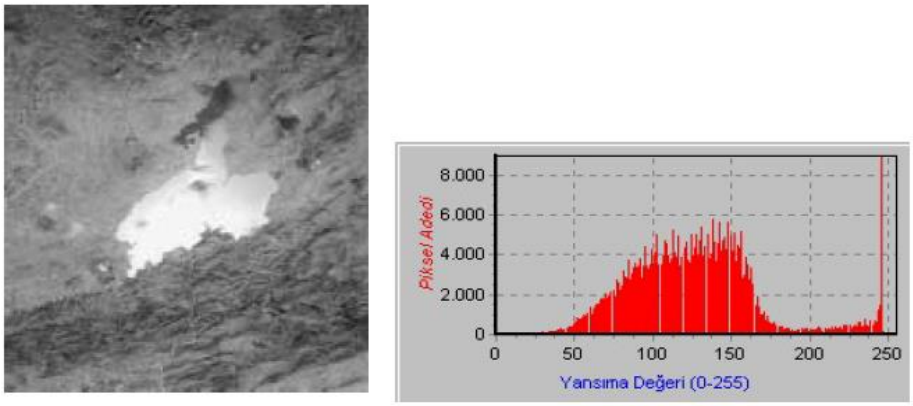
Görüntü işleme dijital görüntülerin işlenmesi için çeşitli algoritmalar ve teknikler içerir. Dijital görüntülerin modern dünyaya etkisinin büyük olması ile birlikte, görüntü işleme bilim ve teknolojiye büyük katkılar sağlamaktadır. Görüntü işleme, şekil tanıma, özellik belirleme, birebir uyum ve kenar saptama gibi birçok teknik içerir. Bunlar dijital görüntülerin daha hızlı işlenmesine yardımcı olurlar. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak, manuel inceleme otomatikleştirilebilir. İmalat sanayilerinde ürünlerin kalite güvenceleri için otomatik görsel muayene önemli bir yere sahiptir (Ramya, Suchitra ve Nadesh, 2013).

Görüntü işleme genellikle dörtgenler, daireler, düz çizgiler veya yaylar için kullanılır. Görüntü işleme işlemleri filtreleme (örn: yumuşatma, keskinleştirme) kenar algılama, eşik ve morfolojik operasyonları kapsarlar. Bu tür işlemler görüntü kalitesini arttırma (örn: gürültü azaltma, kontrast geliştirme) ve arka plandan gerçek görüntünün özelliklerini (örn: bölgeler, kenarlar) ayırmak veya geliştirmek için kullanılabilir.

Görüntü işleme işlemleri giriş (besleme) görüntüsünü istenilen özelliklere sahip diğer görüntüye dönüştürür.

Dijital görüntü işleme bir görüntü bilgisi elde edilmesini kapsar. Görüntü işleme işlemi yapay görme sistemlerinin omurgasını oluştur. Dijital görüntüler, farklı ışık yoğunluğu düzeylerinin kombinasyonlarıdır. Bir dijital görüntü içindeki her bir nokta, görüntü düzlemindeki x ve y koordinatlarına karşılık gelen piksel değerlerinin bir temsilidir ve bu noktada bir yoğunluğu tanımlar (Jones, 2011).

Ham görüntüde faydalı veri çoğu kez, dijital değerleri elde edilen sahanın sadece küçük bir bölümünde yoğunlaşır. Kontrast artırma, mevcut görüntüdeki orijinal değerlerin çoğunu değiştirir. Kontrast artırmayı anlamak için görüntü histogramı anlaşılmış olmalıdır. Histogram görüntüyü oluşturan bütün parlaklık değerlerini grafiksel olarak gösterir (Şekil 1.2.). Histogramda parlaklık değerleri (0-255) x ekseni boyunca, bulunma sıklığı (frekans) ise y ekseni boyunca gösterilir (Maillet ve Sharaiha, 1999).



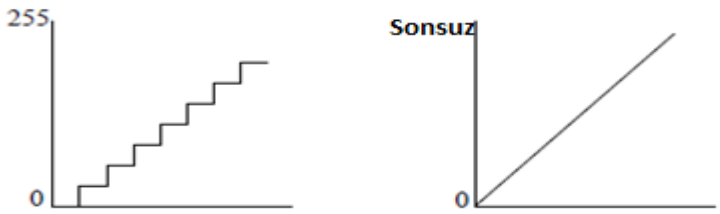
Şekil 1.3. Görüntü ve histogramı

Kaynak: Altuntaş C., Çorumluoğlu Ö. 2002. Uzaktan Algılama Görüntülerinde Dijital Görüntü İşleme ve RSImage Yazılımı, Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu

Histogramda grafiksel olarak gösterilen dijital değerleri kullanarak, görüntüde çeşitli iyileştirmeler yapılabilir. Görüntüde kontrast ve detay iyileştirmenin farklı teknik ve metotları vardır. En basit iyileştirme metodu lineer kontrast gerilimidir (lineer contrast

strecth). Bu yöntemde histogramdaki en alt ve en üst değerler belirlenir ve bütün aralıkları doldurmak için bu sıralar gerilir. Örneğin histogramdaki minimum değer 84, maksimum değer 153 olsun. Yansıma değerleri 0-255 arasında olacak şekilde görüntünün bütün piksel değerleri değiştirilir. Böylece parlak tonlu alanlar daha parlak, koyu tonlu alanlar daha koyu olacak şekilde görüntünün kontrastı artırılmış olur ve görsel yorumlama kolaylaşır (Mather, 1996).

Bir tek renkli dijital görüntü genellikle 0 ile 255 üzerinden 256 gri düzeyi içerir; 0 beyaz renge karşılık gelirken ve 255 siyah renge karşılık gelmektedir. Öte yandan, bir fotoğraf sonsuz gri seviyesi içerir (Gon-Zalez, Woods & Eddins 2009). Şekil 1.3. (a) dijital görüntünün gri seviyesini ve Şekil 1.3. (b) geleneksel fotoğraf gri seviyelerini gösterir.



Şekil 1.4. (a) Dijital Görüntünün Gri Seviyesi, (b) Bir Fotoğrafın Gri Seviyesi

Kaynak: Pokharel, 2013

Yapay görme sistemi, gerçek zamanlı görüntü işleme teknolojisidir. Görüntü işleme, görüntünün anlık olarak elde edilmesi ile yapılır. Böylece, gerçek zamanlı olarak görüntü elde edilir ve nesnelerin 2 boyutlu görüntüsünden 3 boyutlu bilgisi elde edilir.

Görüntü işleme için görüntülere uygulanan ön hazırlık evresi üzerlerindeki gürültüyü (görüntü bulanıklığı, netlik, kötü görüntü) azaltmaktır. Bunun için görüntülere düşük, orta ve yüksek seviye içeren işlemler uygulanmaktadır. Düşük seviyedeki işlemler de giriş ve çıkış görüntülerin gerçekliği filtreleme ile sağlanır. Orta düzey seviyedeki işlemlerde ise görüntülerdeki nesnelerin tanınması ve sınıflandırılmasında bölme ve tanıma işlemleri gerçekleştirilir. Yüksek seviye işlemler görüntülerdeki nesneleri tanımada görüntülerin analiz edilmesini içerir. Görüntülerin bilgisayar ortamında analiz

edilmesiyle de, görüntülerdeki nesnelerin görüntü içeriği detaylandırılır. Bu detaylandırma aşaması ile görüntü işleme gerçekleştirilmiş olur (Jähne, 2005).

Donanım ve yazılım arasındaki iletişim farklı endüstrilerde farklı şekillerde uygulanmaktadır. Bugün haberleşme ve network alanlarındaki ilerlemelerle, farklı donanımlar, aletler ve yazılımlar arasında bağlantılı olabilmektedir. Farklı iletişim protokolleri çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır; Profibus, Profinet, Ethernet, OPC gibi.

Görüntü analizi, görüntünün özelliklerinin ölçülmesi, çıkarılması ve bu özelliklerin sayılara, vektörlere, karakter dizelerine dönüştürülmesi ile ilgilidir. Örneğin çizgiler, bölgeler, karakterler, delikler, yarık veya yırtıklar ölçülebilir veya sayılabilir. Görüntü analizinin nihai hedefi özelliklerin çıkartılması ile nesnelerin sınıflandırılması veya tanımlanmasıdır. Bazı popüler görüntü işleme araçları ve önerilen teknoloji (real tv) karşılaştırma tablosu aşağıda verilmiştir (Sulaiman ve S. Prabuwono, 2008).

Tablo 1.1 Görüntü İşleme İşlem Seviyeleri ve Kullanım Alanları

Kullanım Alanları	**Kullanım Amacı**	**İşlem Seviyesi**	**Görüntü Renk Biçimi**
Tasarım ve İmalat Uygulamaları	Üretim süreci ürün tespiti Üç boyutlu yorumlama Nesne tanıma Ürün ayrıştırma Ürün hasar tespiti Robotik-Otomasyon	Düşük Seviye Orta Seviye Yüksek Seviye	Gri ve Siyah-Beyaz Renkli Renkli ve Siyah-Beyaz
Savunma Sanayi Güvenlik Uygulamaları	Hedef izleme Nesne tanıma Yüz tanıma Görüntü iyileştirme Parmak izi tanıma	Orta Seviye Yüksek Seviye	Renkli ve Gri Gri ve Siyah Beyaz
Tıp Alanında Görüntülerin İncelenmesi	Görüntü iyileştirme (Mikroskobik) Görüntü iyileştirme (Kardiografi) Görüntü iyileştirme (Sintigrafi) Ultrason ve röntgen görüntüleri Ortopedi	Düşük Seviye Orta Seviye Yüksek Seviye	Siyah-Beyaz Renkli ve Gri Gri ve Negatif Gri ve Siyah-Beyaz
Mimari Uygulamalar	Tarihsel kalıntılara doku giydirme Mimari yapıların yeniden modellenmesi	Düşük Seviye Orta Seviye Yüksek Seviye	Renkli
Harita ve Jeodezi Uygulamaları	Uzaktan algılama	Orta Seviye Yüksek Seviye	Renkli ve Gri
Gıda Uygulamaları	Gıda sınıflandırma Besin alan Tespiti	Orta Seviye Yüksek Seviye	Renkli ve Gri

Kaynak: Samtaş G., Gülesin M. 2011.Sayısal Görüntü İşleme ve Farklı Alanlardaki Uygulamaları

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, görüntüyle ilgili istatistikler üretilmesidir. Görüntü analizinde nesnelere ait parametrelerin (şekil, uzunluk, alan, açı, gri-ton ve renk değerleri vb.) ölçülmesi söz konusudur (Yaman, Sarucan, Atak, Aktürk, 2001)

Tablo 1.2. İncelenen Ürünlerin Olası Özellikleri

Boyutsal Özellikler	Ölçüler, şekiller, konumlandırma, yönlenme, uyum, yuvarlaklık
Yapısal Özellikler	Montaj, delik, yuva, perçin, vida, kelepçe
	Yabancı Nesneler, toz, çapak, kümelenmeler
Yüzeysel Özellikler	Çukurlar, çizikler, çatlaklar, aşınma, pürüzlülük, doku, dikişler, kıvrımlar, dönüşler, süreklilik
Uygulamalar	Standartlara ve şartnamelere uymayan uygulamalar

Kaynak: Malamas, Petrakis, Zervakis, Petit ve Legat, 2000, s.8

Zaman tüketimi kabul veya red kararlarını alması açısından bilgisayar hızına bağlıdır. Genellikle, daha hızlı bilgisayarlar, veriyi işlemek için gerekli olan zamanı azaltır. Hatalı ürünlerin kabul edilen ürünlerden ayrılması için, bir elleçleme mekanizması kullanılır. Bu senaryo, otomatik görüntüleme ve muayene sistemlerinin geliştirilmesi için üretim ortamlarında sıklıkla kullanılır.

Buna ilaveten, eğer hatalı bir ürün varsa, raporun analiz edilmesi için sonuçlar karar destek sistemine gönderilir. Görsel muayene hatalı ürünlerin üretilmesinden doğan maliyetlerin azaltılması için ve toplam kalite kontrolünü sağlamak için, diğer üretim süreçleri ile birleştirilebilir (Akbar ve Prabuwono, 1998).

1.3. Yapay Görme Ve Kalitesizlik Maliyetleri Üzerine Literatür Araştırması

Yapay görme, bilgisayarlar ile biyolojik görmeyi benzeten bir bölüm ve teknolojidir. Birincil amacı gerçek dünya modelini yaratmak veya yapılandırmak için görüntüleri kullanmak ve sonra gerçek dünyayı anlamaktır. Yapay görme teknolojisi gelişmesi optik sistemlerin geliştirilmesine doğrudan ilişkilendirilebilir. 1800'lü yılların sonlarında modern optiğin gelişimi ile dijital görüntü işleme ve yapay görme sistemleri olarak adlandırılan yeni bir çağ başlamış oldu (Kopardekar, Mital ve Anand, 1993).

Yapay görme teknolojisinin gelişimi onlarca yıl öncesine dayanır. 1950'lerde Roberts üç boyutlu yapay görme üzerine çalışmalar yapmıştır. 1970'lerde MIT laboratuvarlarında yapay görme kursu açılmıştır. 1980'lerde yapay görme araştırmaları gittikçe genişlemiştir. Şu an için yapay görme, görüntü işleme, bilgisayar grafiği, görüntü tanıma, yapay zeka ve yapay sinir ağları gibi disiplinlerle yakından ilişkilidir. 1990'dan önce araştırma enstitülerinde ve üniversitelerde birçok görüntü işleme ve görüntü tanıma laboratuvarları mevcuttu. 1990'dan 1998'e kadar yapay görme sistemlerinin pazarı küçülmüş, 1998'den 2002'ye kadar kavram ancak tanıtılmıştır (Yuan-yuan, Si-yang, Qing-chang, 2012).

Chen ve Ventura (1995) işlenmiş parçaların şekil tanımlaması ve analizi için bir sistem geliştirmişlerdir. Çalışmaları ürünlerin otomatik muayenesi için bir yapay görme algoritması geliştirmekle ilgiliydi. Muayene sistemi üç kısımdan oluşuyordu; sınıflandırma, tanıma ve analiz. Önerdikleri algoritmanın doğru ve hızlı olduğunu göstermek için bilgisayar deneyleri yapmışlardır.

Kim ve diğerleri (1999) lehimli birleştirmelerin muayenesi için verimli bir teknik geliştirmişlerdir. Geriye yayılma algoritması kullanılarak, her bir lehim önceden tanımlanmış türlerinden birine sınıflandırılmaktadır.

Hemsicker ve diğerleri (1994) üretim standartlarıyla uygunluk için vidaların muayenesinde kullanılan bir sistem tasarlamışlardır. Kenar algılama algoritması ilgili bölgeleri tespit etmek için kullanılmıştır. Vida dişlerinin muayenesi için geliştirilen sistem, üretim hattı ve üzerinde test edilmiş ve manuel ölçümlerden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Hunter ve diğerleri (1995) mirengi "londmark" noktaları ile karakteristiklerin belirlenmesi ve mireng noktalarının birbirlerine göre konumları ile ilgili istatistikleri kullanarak aktif şekil modellerini incelemişlerdir.

Zeng Zhon ve diğerleri (2010) baskı devre üzerindeki bileşenleri belirleme ve yerlerini saptama üzerine metodolojiler geliştirmişlerdir. Önerilen yöntem iki aşamadan oluşmaktadır. Lehim yerleri çıkarımı ve koruyucu kaplama çıkarımı.

S. Anard ve diğerleri (1999) hurda kayıplarını en aza indirmek için sac levhalara parçaların yerleşim problemine bir yaklaşım önermişlerdir.

Du ve diğerleri (2011) düz viteslerin boyut ölçümü için bir yapay görme metodu önermişlerdir. Yöntem vites anahtar parametereleri olan dış çap, iç çap, diş sayısı gibi özellikleri ölçmek için metodolojiler ve algoritmalar geliştirmiştir.

Lei ve Zou (2005) iş parçalarının boyut ölçümü için otomatik görsel muayene sistemi geliştirmişlerdir. Dalgacık dönüşümü (wavelet transform) temel teorisine dayanarak bir görüntünün özellik çıkarımı için kenar belirleme metodu kullanılmıştır.

Late ve diğerleri (2006) görüntüleri ölçmek ve tanımak için görüntü özellikleri çıkarımı ve analizi ile bir yapay görme sistemi önermişlerdir. Yapay görme teknikleri, parçaların boyutlarının ölçülmesinde ve geleneksel muayenelerin zorluklarının üstesinden gelinmesinde kullanılmıştır. Temassız bir ölçme sistemi kullanılarak doğru olarak ölçülmesi güç olan küçük parçaların bile analizine uyarlamışlardır (Hassan ve Diab, 2010).

Kalite maliyetlerinin klasik sınıflandırılması 1950'li yıllara kadar dayanır. Feigenbaum kalite maliyetlerini; önleme, değerleme ve başarısızlık olmak üzere üç kategoriye ayırmış ve daha sonra bu sınıflandırma tüm dünyada genel kabul görmüştür. Daha sonraları yeni maliyet unsurları dahil edilmekle beraber kalite maliyetlerinin ayrımındaki mantık aynı kalmıştır (Akgün, 2005).

Crosby ile 1979'da kalite maliyetleri uygunluk ve uygunsuzluk maliyetleri olarak 2 kategoride incelenmiştir. Uygunluk maliyeti; belirli ürünleri talimatlara uygun olarak

yapmanın maliyetidir. Uygunsuzluk maliyeti ise; talimatları gerçekleştirmek için gerekli olan hatalar ile ilgili maliyetlerdir.

2000'li yıllara gelindiğinde artık bu model yerini "Kalitesizlik Maliyetleri" modeline bırakmaktadır. Kalitesizlik maliyetlerini, kalite maliyetlerinden ayıran en önemli fark; müşteri ihtiyaç, istek ve beklentilerini temel almasıdır (Yıldırım ve Saylık, 2009).

Proje değerlendirme ve seçme sürecinde karşılaşılan son yaklaşım, yatırım projelerinin, risklerinin incelenmesi yaklaşımıdır. Örneğin, Van Groenedaal (1998) ile Eski ve Armaneri (2006), bir projenin net bugünkü değerindeki değişkenliğin, proje riskini gösterdiğini ve doğal olarak net bugünkü değerindeki değişkenlikleri daha fazla olan projelerin daha riskli projeler olacağını belirtmektedir. Yatırım projelerinin risk düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan çok sayıda yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden en çok kullanılanları geri ödeme süresi yöntemi (Lefley, 1996), duyarlılık analizi (Jovanovic, 1999; Borgonovo ve Peccati, 2004), olasılık analizi ve benzetim teknikleridir (Lefley, 1997).

1.4. Yapay Görme Uygulamaları

Endüstriyel kameralar ve yapay görme uygulamaları endüstrinin her alanında üretimin kalitesini arttırmak, yüksek hassasiyet ile hatasız, çok hızlı ve tekrarlanabilir ölçüm ve kontrol yapmak için oldukça yaygın bir şekilde uygulanır. Gelişmekte olan sistemler ve teknolojiler sayesinde yapay görme sistemleri ile yapılabilecekler sınırsızdır. Başlıca uygulamalara örnek vermek gerekirse:

- Ölçüm (çap, genişlik, uzunluk ya da derinlik) ve hata kontrolü
- Robot kontrol ve pozisyonlama
- Çoklu barkod-karekod okuma uygulamaları
- Trafik kontrol
- Karakter tanıma
- Çarpma ve hasar testleri
- Sıvı seviyesi kontrol
- Hedef takip ve uygulamaları
- Savunma sistemleri tasarımı ve uzay araştırmaları
- Spektral analiz ve benzeri birçok akademik uygulamalar
- Temassız sıcaklık ölçümü

Yukarıdaki uygulamalar gibi birçok aktif uygulama alanı vardır. Yapay görme için sadece doğru kamerayı seçmek yeterli olmaz. Sağlıklı ve kusursuz yapay görme sistemi tasarlamak için yapay görme komponentlerini çok iyi tanımak, bu komponentlerin (kamera-lens-ışık gibi) birbirleri ile etkileşimlerini iyi hesaplayabilmek ve aynı zamanda sistemin fiziksel değişim parametrelerinin bütün uygulamaya olan etkisini çok iyi hesaplayabiliyor olmak gerekir (http://www.e3tam.com/?p=content_cozumler).

1.5. Yapay Görme Sistemlerinin Bileşenleri

Tipik bir yapay görme sisteminin bileşenleri yazılım ve donanım olarak ikiye ayrılır. Sistemi oluşturan bileşenlerin, her birinin kendine özgü önemi ve özelliği vardır. Dolayısı ile bileşenlerin hiçbirini diğerlerinden ayıramayız veya izole ederek önemseyemeyiz. Aşağıdaki bölümlerde yapay görme sistemlerini oluşturan bileşenler izah edilmiştir.

- Bir veya daha fazla optik lensli dijital veya analog kamera (Siyah-beyaz veya renkli)
- Görüntüyü dijital ortama aktarmak için kamera ara yüzü (frame grabber: çerçeve yakalayıcı olarak anılırlar)
- İşlemci (genellikle PC veya DSP gömülü işlemci olabilir, bazı durumlarda yukarıda listelenen tüm elementler birden fazla olabilir, örnek olarak akıllı kameralar)
- I/O (girdi/çıktı) sürücüsü veya haberleşme ağları (Sistem sonuçlarını raporlamak için kullanılır, örneğin RS-232)
- Yakınlaştırmak için lensler
- Aydınlatmalar, sistemlere uyumlu özel ışık kaynakları (örneğin LED'ler, florasan lambalar, halojen lambalar)
- Görüntüdeki özelliklerin saptanması ve görüntülenmesi için yazılım (görüntü işleme algoritmaları)
- Görüntünün işlenmesi ve örneklenmesi için nesneleri saptamak amacı ile senkron-sensör (bunlar genellikle optik veya manyetik sensörlerdir)
- Kusurlu ürünleri reddetmek veya uzaklaştırmak için düzenekler (Labudzki ve Legutko, 2010)

1.5.1. Kameralar

Kameralardaki çeşitlilik, yapay görme sistemleri için kamera seçimini oldukça zor kılmaktadır. Doğru kamera seçimindeki ilk adım, kamera gereksinimlerini tam olarak belirleyebilmektir.

Kamera seçimini etkilyen faktörler, kameralar çözünürlük, duyarlılık, renk, kamera arayüzü ve yazılım gibi kriterler göz önüne alınarak aşağıda ele alınmıştır.

1.5.1.1. Çözünürlük

Genel olarak, yapay görme sistemlerinde düşük çözünürlüklü kameraların ihtiyaçları karşılayabileceği söylenebilir. Bu bir takım önemli sebepler için önemli bir özelliktir. İlk olarak çözünürlüğün yüksek olması ana bilgisayarın daha fazla görüntü işleme işlemi yapmasını gerektirir. Fakat yapay görme fonksiyonları dışındaki işlemler bilgisayarın performans kaybına neden olacaktır. Birçok kamera üreticisi çok çeşitli çözünürlükte (VGA - multi-megapixel) kameralar üretmektedir.

1.5.1.2. Duyarlılık

Yüksek duyarlılık tüm uygulamalarda daha iyidir. Yüksek duyarlılığın anlamı daha kısa pozlama süresi, düşük kazanç ayarları ve düşük maliyetli optiklerdir. Kısa pozlama süreleri hareketin çok kolay bulanıklaşabileceği hareketli uygulamalar için çok önemlidir, pozlama süresinin uzun olması görüntünün bozulmasına neden olur.

1.5.1.3. Renk

Siyah - beyaz görüntü ihtiyaçları karşıladığı sürece, en mantıklı çözüm siyah - beyaz görüntü almaktır. Renklerin artması karmaşıklığın da artmasına neden olmaktadır, bu yüzden uygulamada renklere ihtiyaç duyulmadığı sürece renklerden kaçınılmalıdır. Renkli kameralar, siyah-beyaz kameralara göre daha fazla veri ürettiği için büyük bir görüntü işleme işlemini beraberinde getirmektedir. Renk aynı zamanda kamera duyarlılığını ve görüntü çözünürlüğünü negatif olarak etkilemektedir.

1.5.1.4. Kamera Arayüzü

Kamera arayüzü, kamera seçilirken karar verilmesi gereken hususlardan bir diğeridir. Tüm yeni yapay görme kameralarında Firewire ya da Gigabit Ethernet arayüz özellikleri

kullanılmaktadır, bu yüzden framegrabber tabanlı kamera kullanmak için çok az neden vardır. Firewire ve Gigabit Ethernet kameralarının donanım ve yazılım arayüzlerini belirleyen ilgili arayüz standartları, IIDC ve GigE Vision, mevcuttur. Bu standartlara göre kamera seçimi düşük entegrasyon ve bakım maliyeti demektir.

1.5.1.5. Yazılım

Yazılımın iki kategorisi vardır. Görüntüleme işlemleri için üçüncü sınıf bir yapay görme yazılım paketi kullanılabileceği gibi, kişisel bir yazılıma kamera arayüzü sağlayan bir yazılım geliştirme kiti (SDK) de kullanılabilir. Eğer paket bir program kullanılırsa Firewire'nin DCAM (IIDC) ve Gigabit Ethernet'in GigE Vision gibi arayüz standartları daha önemli olur. Eğer kişisel yazılım geliştiriliyorsa, iyi bir yazılım geliştirme kiti seçmek başlıca dikkat edilmesi gereken husustur. Sistem entegrasyonları yapay görmenin en geniş kapsamlı maliyetlerini oluşturmaktadır, o yüzden en iyi SDK alınarak hem entegrasyon zamanı düşürülüp hem de entegrasyon problemleri azaltılabilir. (Allied Vision Technologies, 2014).

1.5.1.6. Kamera Çeşitleri

Yapay görme sistemlerinde kullanılan kameralar, görme sensörleri, akıllı kameralar ve bilgisayar tabanlı sistemler olmak üzere kategorilendirilebilir. Tüm kamera çeşitleri geleneksel fotoğrafçılıkta kullanılan analog kameraların aksine dijital kameralardır. Görme sensörü ve akıllı kameralar görüntüyü analiz edip bir sonuç çıkarırken, bilgisayar tabanlı kameralar bir sonuç elde edebilmek için harici bir bilgisayara ihtiyaç duyarlar.

Yapay görme sistemlerinin projelendirilmesinde en çok doğru bilinen yanlışlar sistemlerin seçilmesi aşamasında yapılmaktadır. Kalite kontrol uygulamaları için yapay görme sistemleri, çözüm şekli açısından "Akıllı Kameralar" ve "Bilgisayar Temelli Teknolojiler" olarak ikiye ayrılır. Akıllı kameralar kullanılarak uygulamaların yapılması en çok karşılaşılan çözüm şeklidir. Akıllı kameralar, kamera ve gömülü işlemci ile entegre bir çözüm sunarlar. Kameralardan görüntülerin alınması ve bu görüntülerin işlenerek sonuçların elde edilmesi tek bir yerde olur, harici bir bilgisayarın ve ara elemanların kullanılmıyor olması hem maliyet hem de kablolama açısından avantajlar sağlar. Programlanabilirliğinin kolay olması, akıllı kameraları üreten firmalara göre

değişebilmektedir. Her şirketin, ürünün kendine özgü bir arayüz programı olabilmektedir.

Akıllı kameraların programlanmaları için genelde bir bilgisayara bağlantılarının yapılması icap etmektedir. Programın yenileneceği veya düzeltileceği ya da değişkenlerin değiştirilmesi gerektiği gibi pozisyonlar olduğu takdirde her seferinde bilgisayar bağlantısının yapılması akıllı kameraların dezavantajlı bir durumunu ortaya çıkartmaktadır. Bu nedenden dolayı uygulamalarda çoğu zaman bir bilgisayar da akıllı kameralara bağlı olarak bulunabilmektedir. Matrox, Cognex, Banner ve Datalogic gibi şirketler bazı akıllı kamera markaları için bu dezavantajlı duruma çözüm bulmak adına kamera ile doğrudan bağlanabilecek ve programlanmasının kolayca yapılabileceği dokunmatik ekranlar sağlamaktadır.

Bilgisayar temelli sistemlerde ise endüstriyel kamera ile kameradan alınan görüntünün işlenmesini sağlayacak program ayrı bir biçimde tedarik edilmektedir. Akıllı kamera üreticisi firmalar aynı zamanda bu programları sağlamaktadır, bu yüzden programlaması da genelde kendi geliştirdikleri arayüzleri ile aynı şekildedir.

Bilgisayar temelli sistemler, akıllı kameralı sistemlere göre çok daha esnektir. Kullanıcı tarafından, programlama yapılarına ilave olarak yeni kodlar da kolaylıkla eklenebilmektedir. Bu durum, kompleks ve özel uygulamalarda bilgisayar temelli sistemlerin bir adım öne çıkmasına olanak sağlayabilmektedir.

Maliyet açısından bakılırsa, akıllı kamera uygulamaları markalara göre değişmekle birlikte, genelde daha uygun olabilmektedir. Fakat birden fazla kamera kullanılmasının gerektiği durumlarda bu işleyiş tersine dönebilmektedir. Örneğin bir uygulamada ürünün farklı yönlerden görüntüsünün elde edilmesini sağlayacak birkaç adet kamera gereksinimi doğabilir. Bir endüstriyel kamera maliyetinin, akıllı kamera maliyetine göre yaklaşık onda biri kadar olduğu düşünüldüğünde projenin toplam maliyeti açısından bilgisayar temelli sistemin kullanılması çok daha kazanımlı olabilmektedir. Sistem seçimi uygulama tipine göre değişkenlik göstermektedir ve projeye göre en uygun çözüm şekli projede kullanılmalıdır.

Kamera özellikleri açısından, tüm akıllı kamera markalarının piyasadaki aynı görüntü sensörü üreticileri ile çalıştığını ve kullanılan sensör özelliklerinin hemen hemen aynı olduğunu görebiliriz. Akıllı kamera markaları arasındaki fark, geliştirdikleri görüntü işleme yazılımları ve kullanıcıya sağladıkları bu yazılımları kullanmak için gerekli olan arayüz programıdır. Bu sebepten sistemde kullanılacak akıllı kameraların özellikleri ve hangi projelerde kullanılıp hangi projelerde kullanılamayacağı ile ilgili olarak iyi bir araştırma yapılmalıdır. Bu durum, bir yapay görme projesindeki en önemli unsurun bu kamerayı uygulayacak olan proje firmasının bilgi birikimi olduğunu göstermektedir. Bir yapay görme projesinin doğru bir şekilde çalışması için kullanılan kamera özellikleri ve yazılım dışında bir unsur da, incelenecek olan parçanın doğru bir şekilde aydınlatılmasıdır. Hangi ışığın hangi açıda konumlanması da proje uygulama firmasının bilgi birikimi ve bu konudaki uzmanlığı ile ilişkilidir ve bu konu aydınlatmalar ile ilgili bölümde incelenecektir. (kameralikontrol.blogspot.com.tr/2014/07/).

Standart bir kamerayı oluşturan bileşenler aşağıdaki gibi sayılabilir:

- Görüntüyü algılamaya yarayan görüntü sensörü ve yardımcı malzemeleri (CCD ve CMOS)
- Görüntüyü işleyen sayısal sinyal işlemcisi (DSP)
- Elektronik kısım
- Kamera kasası

Görüntü elde etme yapay görme sistemlerindeki en önemli bölümdür. Görüntü elde etmede akıllı kameralar, görme sensörleri gibi yukarıda anlatılan farklı özelliklerde kameralar kullanılabilir. Sensör teknolojisine göre, farklı kamera çeşitleri iki kategori altında incelenebilir:

1.5.1.7. CCD Kameralar

CCD (Charge Coupled Device/Yüklenme İliştirilmiş Cihaz) kamera CCD sensor teknolojisini kullanmaktadır. Bu kameraların temel özellikleri aşağıda listelenmiştir:

- En fazla kullanılan kamera sensörleridir.
- Gelen şarj depolanabilir.
- Geleneksel film kameralarındaki filmler gibidir.
- 10µm x 10µm boyutundaki piksellerden oluşur.
- Hem renkli hem de siyah beyaz çeşitleri vardır.
- Işığa duyarlı diyot sensörleridir.
- Her piksel sensör yüzeyinden ışığa odaklanmak için mikro lensler içerir.
- Bu sensörlerin dezavantajı odaklayamama ihtimalidir (Pokharel, 2013).



Şekil 1.5. Sony Marka Bir CCD Kamera

1.5.1.8. CMOS Kameralar

CMOS (Complimentary Metal Oxide Semiconductor) kameraları CCD kameralarına alternatiftirler. Temel özellikleri aşağıdaki gibi listelenmiştir:

- Bu sensörler görüntünün çok yüksek çerçeve hızlarında (1000 çerçeve/saniye'den fazla) yakalanmasını sağlar.
- Üretim maliyeti çok düşüktür.

- Düşük tüketim gücüne sahiptirler.
- Pencereleme, sensörün bir kısmını seçme gibi durumlar mümkündür.
- Dezavantajı ise düşük görüntü kalitesidir (Pokharel, 2013).

1.5.1.9. CCD ve CMOS Kameraları Arasındaki Temel Farklar

İlk dijital kameralarda görüntüleri analog ışık sinyallerinden dijital piksellere çevirmek için CCD kullanılmaktaydı. Bunlar, bozulma olmaksızın çipte dönüştürme sağlayan özel bir üretim işlemiyle yapılmaktadır. Böylece, mükemmel görüntü sağlayan yüksek kaliteli sensörler oluşur. Ancak bunlar özel üretim gerektirdiği için CMOS emsallerine göre daha pahalıdır.

CMOS (Complimentary Metal OxideSemiconductor) çipleri, yükü geleneksel kablolarda hareket ettirmek için her pikselde transistör kullanmaktadır. Her piksel ayrı olarak işlem gördüğü için esneklik sağlamaktadır. CMOS'u yapmak için geleneksel üretim işlemleri kullanılmaktadır. Mikroçiplerin yapılmasıyla aynı şekilde yapılırlar. Bunları üretmek daha kolay olduğu için CMOS sensörleri CCD sensörlerinden daha ucuzdur. CMOS sensörleri dijital kameraların fiyatlarının düşmesinin sebebidir.

CCD algılayıcılar ışığa karşı, CMOS algılayıcılardan daha duyarlıdırlar ve ürettikleri görüntüler daha niteliklidir. Görüntü çevirim ve okuma işlemlerinde CCD imaj sensörler daha fazla enerji tüketir. CMOS imaj sensörler ise düşük voltajda çalışabildiği için daha az enerji tüketir. Bu yüzden CCD imaj sensörler görüntü kalitesinin önemli olduğu güvenlik kamera sistemlerinde kullanılırken, CMOS imaj sensör az enerji kullanılmasının önemli olduğu cep telefonu, webcam gibi uygulamalarda kullanılır. CCD imaj sensörler CMOS imaj sensörlere göre 100 kat daha fazla enerji tüketir.

Bu kıyaslama, CMOS sensörlerinin CCD'den tamamen düşük kaliteli olduğu anlamına gelmez. CCD dijital kameralarda daha uzun süredir bulunmaktadır ve teknoloji çok daha gelişmiştir. CMOS sensörleri teknolojiyi yakalamaktadır ve sonunddaa çözünürlük ve kalite açısından CCD ile eşdeğer olacaktır.

1.5.1.10 Kamera Arayüzü ve Çerçeve Yakalayıcılar

Çerçeve algılayıcı, analog video sinyalinden ya da dijital video akışından özgün dijital çerçeveleri yakalayan elektronik bir cihazdır. Genel olarak yapay görme sistemlerinin bir bileşeni olarak çalıştırılır, bu anlamda video çerçeveleri dijital formda yakalanır ve sonra değiştirilmemiş ya da sıkıştırılmış bir dijital formda görüntülenir, saklanır ya da iletilir. Tarihsel olarak, çerçeve yakalayıcılar kamerayı bilgisayarda göstermenin en etkili yoluydu. Bu durum, son yıllarda USB, Ethernet ve IEEE 1393 ("FireWire") arayüzlerinin yaygınlaşmasıyla direkt kamera bağlantısı olarak tamamıyla değişti.

Eski çerçeve yakalayıcılar sadece belirli bir çerçeveyi yakalayacak kadar hafızaya sahiptiler ve sadece bir adet dijitalleştirilmiş video çerçevesini saklayabiliyorlardı. Yeni çerçeve yakalayıcılar birden fazla çerçeve yakalayabildikleri gibi bunları MPEG2 ve JPEG gibi algoritmalar kullanarak gerçek zamanlı olarak sıkıştırabilirler. Çerçeve yakalayıcıların video çerçeveleri üzerinde gerçekleştirdikleri sıkıştırmalar "Aktif Çerçeve Yakalayacılar" olarak ifade edilirken, çerçeve yakalayıcıların basit olarak değiştirilmemiş video verisini yakalaması "Pasif Çerçeve Yakalayıcılar" olarak isimlendirilir. Radar takibi, üretim ve uzaktan rehberlik gibi alanlardaki teknolojik talepler çerçeve yakalayıcıların görüntüyü yüksek çerçeve hız ve çözünürlüklerinde yakalama becerilerinin gelişmesini sağlamıştır (Wikipedia, Frame Grabber, 2009).

1.5.2. Lensler

Lens kameraya giren ışığı odaklayarak net bir görüntü oluşmasını sağlar. Lensin diğer adı objektiftir.

Odaktaki görüntünün anlamı, nesnenin kesitlerinin net gözükmesidir. Odak dışı nesnenin anlamı ise, görüntünün bulanıklaşmasıdır. Fotoğrafçılıktaki lensler genellikle otomatik odaklanmaktadır, fakat yapay görmedeki lensler ya sabit bir odağa sabittir ya da manuel olarak değiştirilebilir odaklardır.

Lenslerin üzerindeki 14mm, 20mm, 50mm, 85mm, 100mm, 300mm, 400mm, 1200mm gibi ifadeler bu odak uzaklığını verir. Bu tür tek rakamlı lensler sabit odak uzaklıklı lensler olarak adlandırılırlar.

Bunlara ilave bir de çift rakamlı lensler vardır; 16-35mm, 17-40mm, 20-35mm, 28-70mm, 70-300mm, 100-300mm, 100-400mm gibi. Bu lensler ise zoom lensler olarak adlandırılır ve farklı odak uzaklıklarında görüntü alınmasını sağlarlar (http://www.netfotograf.com).

Lens optik sistemin önündedir. Uygun lens olmadan, lensin arkasındaki kamera, yazılım vb. hiçbir şeyin önemi yoktur. Eğer yüksek çözünürlüklü bir kameraya ucuz bir lens koyarsanız, beklentileriniz çok büyük şeyler olmamalıdır.

Lens tiplerindeki ana farklılıklar görüş açıları ve odak uzaklıklarıdır. Bu iki terim, temel olarak aynı şeyi iki farklı yönde tanımlamaktır. Görüş açısı, kameranın ne kadarlık bir alanı görebildiğini gösterir. Geniş açılı lensler görüntünün daha büyük bir alanını görebilirlerken, küçük açılılar (telesentrik), uzak mesafelerdeki detayları görmeyi sağlar.

Kısa odaklı objektifler, geniş açılı objektiflerdir, genellikle 650 ve daha fazlasını görürler. Odak noktasına düşürdükleri saha alanı geniştir, hedef odağa küçük olarak düşer.

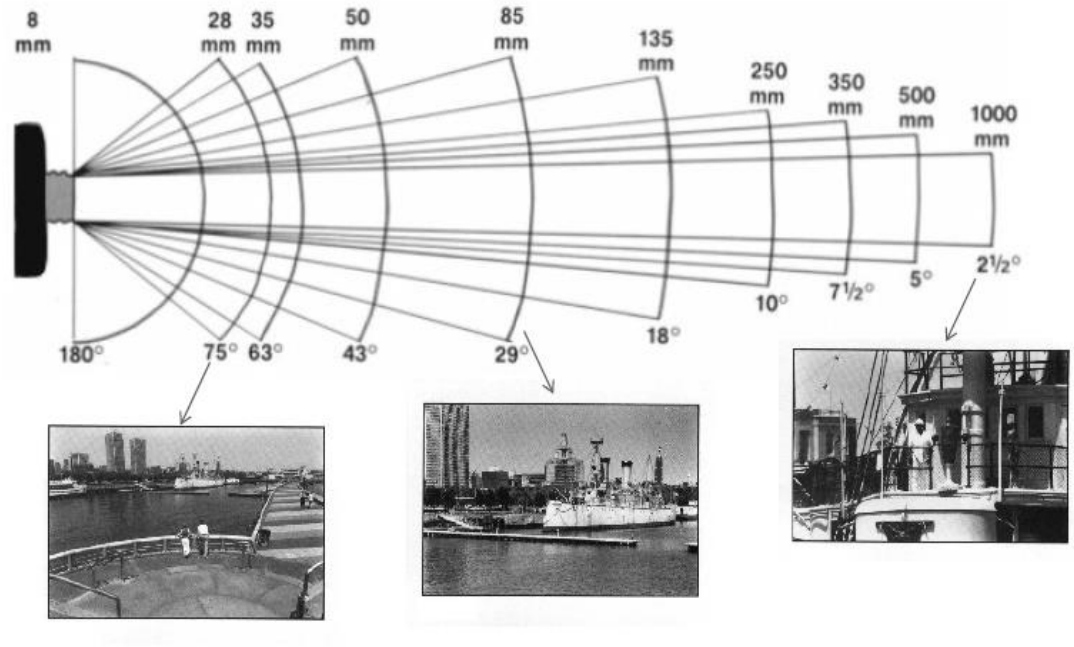
Orta odaklı objektifler, orta açılı objektiflerdir. Görüş açıları 650-400 arası olanlardır. Bu objektiflerde odağa düşen saha büyüklüğü ve hedef büyüklüğü normal boydadır.

Uzun odaklı objektifler, teleobjektifler olarak adlandırılır. Görüş açıları 400 daha azdır. Bu objektiflerde odak noktasına düşen saha küçük, hedef olarak nispeten büyüktür. Uzak konular için tercih edilirler.

Normal lensler görüş açısından kaynaklı olarak görüntüde küçük bozukluklar verirler. Telesentrik lensler bu sonuçları azaltmak ya da elimine etmek için kullanılır. Telesentrik lenslerdeki optik bütün ışık ışınlarının lense parallel olarak girmesini sağlar. Bu iki kullanışlı sonuca ulaştırır:

- Lens çapının en az nesnenin boyutu kadar olması gerekir.
- Alan derinliği standart lensler için olanlardan daha derin olmalıdır.

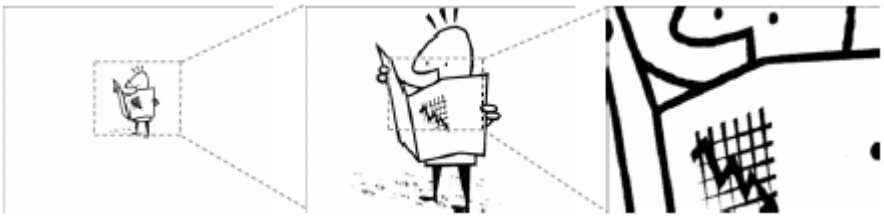
Telesentrik lensler genellikle yüksek hassasiyetli uygulamalar için kullanılır (http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-lenses.htm).



Şekil 1.6. Görüş Açıları ve Görme Alanları

Kaynak: Perceptual Bases for Rules of Thumb in Photography, Vision Science, 2014

Odak uzaklığı ise odak noktası ile lensler arasındaki mesafedir. Odak noktası sensörün üzerinde ise görüntü odaktadır. Odak uzaklığı, görüş açısı ile ilişkilendirilir, uzun odak uzaklığı küçük görüş açısıyla orantılıyken, kısa odak uzaklığı görüş açısında artışa neden olur.



Şekil 1.7. İlk şekil, geniş açılı lens ve kısa odak uzaklıklığı (8 mm) ile, ikincisi aynı mesafede orta odak uzaklığı (25 mm) ile, üçüncüsü ile uzun odak uzaklığı (50 mm)

Kaynak: Sick Ivp, Machine Vision Introduction, 2006

1.5.2.1. Lens Seçimi

Standart lenslere ek olarak özel amaç için üretilmiş lensler bulunmaktadır. Bir uygulama için lens seçme işlemi üç adımdan oluşmaktadır:

- Nesnenin boyutlarını ya da kaplayacağı maksimum alanı ölçme
- Nesnenin uzaklığını ölçme
- Gerekli odak uzaklığını ölçme

Yüksek hassasiyetli uygulamalarda ya da diğer özel durumlarda uygun lensi seçmek özel bir bilgi ve dikkat gerektirmektedir.

1.5.2.2. Yapay Görme Uygulamalarında En Çok Kullanılan Lens Çeşitleri

Aşağı yukarı bütün lensler yapay görme sistemlerinde kullanılabilirse de, üç çeşit lens ön plana çıkmaktadır. Bunlar:

- CCTV (C-mount) lensler
- 35mm lensler
- Büyüteç Lensler

Bunlara ilaveten bazı uygulamalarda özel üretim ve tasarım lensler kullanılabilir. Ancak bu ekonomik açıdan pahalı ve zaman alıcı bir iştir.

CCTV (C-CS monte) lensler, CCTV kameralar için özel olarak tasarlanırlar ve birçok yapay görme uygulamasında kullanılırlar. CCTV lensler, ortamdaki ışığı toplayarak CCD kamera üzerinde bulunan resim sensörüne odaklayarak üzerine düşmesini sağlarlar. Kamera ile lens bağlantısı için C monte ve CS monte olarak, iki ayrı montaj yöntemi vardır. Bağlantı biçimi C mount olduğu zaman, lens ile kamera sensörü arasındaki uzaklık CS mount bağlantısından 5mm daha fazladır. Genellikle günümüzde CS-monte tip lensler kullanılmaktadır. Bu lensler, oldukça ucuz, küçük ve hafiftirler.

35mm lensler, görüntü kalitesi ve lens fiyatları karşılaştırıldığında en iyi çözüm olmaktadır. Geniş alan kameralarının ve hat tarama kameralarının oldukça büyük bir kısmında 35mm lensler monte edilmiş olarak gelir. Bu tür lenslerin en büyük dezavantajı bayonetli olmalarıdır. Bayonet, lenslerin kameraya bağlandığı yerdir. Her kamera markasının bayoneti farklı olduğundan, lens değiştirmenin gerekli olduğu durumlarda aynı marka tercih edilmek zorundadır. Herhangi bir darbe, titreşim veya ivmeli hareket ile lensler yerinden oynayabileceği için, bu tür durumlarda az tercih edilirler.

Agrandizör (enlarger) lensler, düz alan odaklama lensleridir. En iyi görüntü düzlemi ile nesne düzlemini aynı düzlem üzerine düşürürler. Bu tür lensler, yakın plan çalışmalarda daha sık tercih edilirler. Dolayısı ile istediğimiz uzaklıkta çekim yapamayız çünkü odak uzaklıkları 35 mm ve CCTV lenslere göre daha kısadır. Bununla beraber, adaptor ile beraber alınan bir agrandizör lens diğerlerine göre daha pahalı olacaktır (West, 2014).

1.5.2.3. Odak Uzaklığı Hesaplama

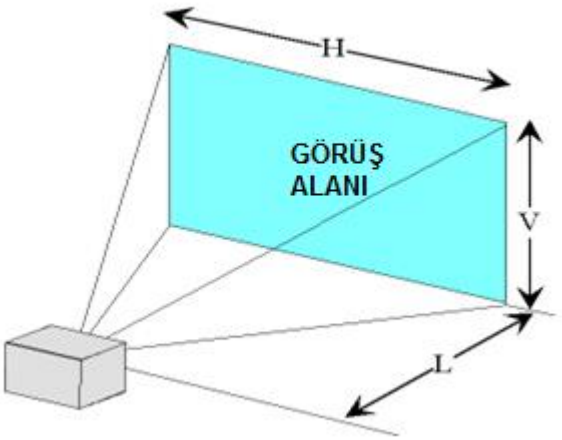
Uygun bir odak uzaklığı aşağıdaki formül ile hesaplanabilir:

$$\text{Odak Uzaklığı} = \frac{\text{Sensör Boyu} - \text{Nesne Uzaklığı}}{\text{Görüntülenen Alan}} \qquad (1.1)$$

Formül 1.1. Odak Uzaklığı

Kaynak: Sick Ivp, Machine Vision Introduction, 2006

Görüş alanı, FOV (Field of View) 2 boyutlu sistemlerde kameranın gördüğü tüm alanı ifade eder. Nesne uzaklığı ise lens ve nesne arasındaki uzaklıktır. Nesne uzaklığı aynı zamanda LTO (lens to object) uzaklığı ya da çalışan uzaklık olarak da ifade edilir.

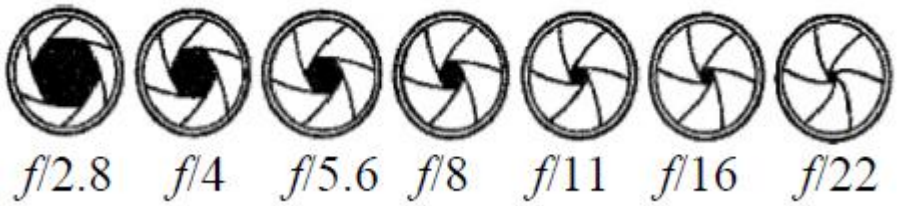


Şekil 1.8. Görüş Alanı

Kaynak: http://www.tlvexp.ca/wp-content/uploads/2013/09/FOV_Target.jpg, 2014

Formülde dikkat edilmesi gereken nokta, sadece yüksekliklerin ya da sadece genişliklerin kullanılmasıdır. Sensör boyutları genellikle köşegen olarak ölçülür. Formüldeki sensör boyu dikey yüksekliği kastetmektedir, bu yüzden köşegenel olarak ölçülmesi gerekmektedir.

Diyafram açıklığı, sensöre gelmesi gereken ışık miktarını kontrol etmek için lenste delik açıp kapayan bölümdür. Kaliteli lenslerde, diyafram açıklığı ayarlanabilir.



Şekil 1.9. Farklı Diyafram Açıklıkları

Kaynak: Patterson R & Sagers S. 2012. Choosing Digital Camera Lenses

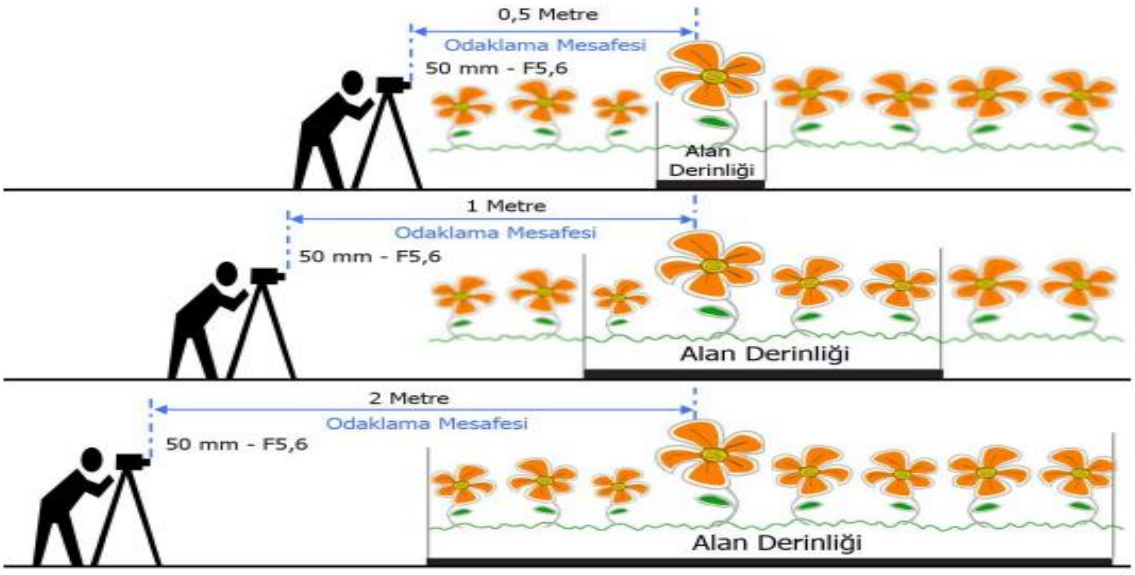
Yukarıdaki şekillerde görüldüğü gibi ilk cisimde geniş açıklık bulunmaktadır ve bu boşluktan büyük miktarda ışık girebilmektedir. Ikinci şekilde ise küçük bir açıklık vardır ve az miktarda ışık girebilmektedir.

Diyafram açıklığı, f-stop (ışık toplama kapasitesi) değeri ile ölçülmektedir. Büyük f-stop değeri küçük diyafram açıklığı anlamına gelmekte ve küçük f-stop değeri de büyük diyafram açıklığı anlamına gelmektedir. Standart CCTV lenslerinde, F-stop F1.4 ve F16 arasındaki değerlerde kabul edilebilirdir (Peterson, B. 2004).

Lenslerin ışık toplama kapasiteleri, görüş alanına düşen ışık miktarının ayarlanması için kullanılmaktadır. Literatürde f simgesi ile gösterilen ve "f-Stop" olarak isimlendirilen ışık toplama kapasitesi sayesinde lensin ışık geçirme yeteneği belirlenir. F-Stop değeri ne kadar düşükse ışık geçime yeteneği o kadar büyüktür. Diğer bir deyişle böylelikle daha az ışıkta daha belirgin (aydınlık) görüntü yakalanabilmektedir. Örneğin, f:1.5 olan bir lens f:1.2 olan lensten daha az ışık geçirdiği için elde edilen görüntü daha karanlık olacaktır (http://www.karel.com.tr/blog).

1.5.2.4. Alan Derinliği

Minimum nesne uzaklığı (MOD – minimum object distance) kamera lensinin odaklanabileceği en yakın uzaklık ve maksimum nesne uzaklığı da lensin odaklanabileceği en uzak mesafedir. Standart lenslerde maksimum nesne uzaklığı yoktur, sonsuza kadar devam eder, ama bazı özel tiplerde vardır, makro lensler gibi.



Şekil 1.10. Alan Derinliğinin Cismin Uzaklığına Göre Değişimi

Kaynak: Farklı Mesafelerdeki Konuların Çekimi, Mepeg Yayınları, Ankara 2012, s.6

Odak düzlemi odaklanmanın en net olduğu alanda bulunur. Odak düzleminden yakın ya da uzak nesnelerin de odakta olabileceği düşünülmelidir. Bu yeterli odaklanmanın sağlandığı bu uzaklık aralığı alan derinliği (DOF – depth of field) olarak adlandırılır.



Şekil 1.11. Alan Derinliği

Kaynak: Sick Ivp, Machine Vision Introduction, December 2006

Teorik olarak, mükemmel odaklanma lenslerden tam uzaklıktaki odak düzlemlerinde gözlemlenir, ama pratik amaçlar için yeterli alan derinliği (DOF)'nde sağlanmış olur. Kurallar;

- Uzun odak uzaklığı sığ alan derinliği (DOF), kısa odak uzaklığı derin alan derinliği verir.
- Geniş diyafram açıklıkları sığ alan derinliği verir, tam tersi de söz konusudur.



Şekil 1.12. Küçük ve Büyük Diyafram Açıklıkları, Sığ ve Derin Alan Derinliği

Kaynak: http://www.edenvalleycameraclub.co.uk , 2014

Kamera ve lens arasına uzaklık halkaları ekleyerek, odak düzlemi (ve buna bağlı olarak MOD) kameraya daha fazla yaklaştırılabilir. Uzaklık halkası aynı zamanda şim, halka ya da genişletme halkası olarak adlandırılır.

Kalın mesafe halkası genişletilebilir tüp olarak adlandırılır. Bu kameranın pozisyonunun nesneye çok yakın olmasını mümkün kılar, bu aynı zamanda makro işlevselliği olarak bilinir.



Şekil 1.13. Uzaklık Halkaları

Kaynak: Sick Ivp, Machine Vision Introduction, December 2006

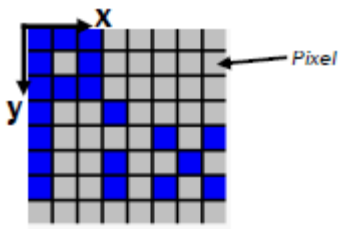
Uzaklık halkaları ve genişletilebilir tüpler nesneye olan uzaklığı minimize etmek için kullanılır. Halka ya da tüp ne kadar kalın olursa, alanın derinliği de o kadar azalır.

Uzaklık halkaları kullanımı maksimum nesne uzaklığının oluşmasına neden olur ve alan aralık derinliğini azaltır.

1.5.2.5. Temel Görüntü Kavramları

Piksel dijital görüntüdeki en küçük elementtir. Normalde, görüntüdeki piksel direkt olarak sensördeki fiziksel pikselle uyuşur.

Piksel (pixel), ‘picture element’ söz öbeğinin kısaltılmasıdır. Pikseller gözle görülemeyecek kadar küçüktürler, sadece görüntü büyütüldüğünde görülebilirler.



Şekil 1.14. Çok Küçük Bir Nesnenin 8x8 Piksellik Boyutlardaki Örneği

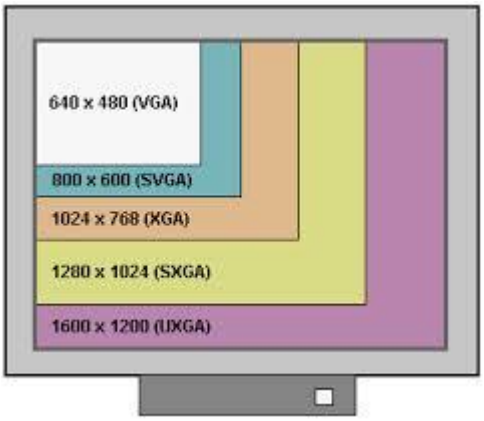
Kaynak: Sick Ivp, Machine Vision Introduction, December 2006

Bir defa da ekranda görüntülenebilen piksel sayısına çözünürlük denir.

Örneğin 800 X 600 denildiğinde 800 sütun ve 600 satır kullanıldığı, bunların çarpımı

olan 480.000, toplam piksel sayısını verir. 2 boyutlu yapay görme için sensör çözünürlüğünün tipik değerleri:

- VGA(Video Graphics Array / Video Grafik Dizisi): 640 x 640 piksel
- XGA (Extended Graphics Array / Genişletilmiş Grafik Dizisi): 1024 x 768 piksel
- SXGA (Super Extended Graphics Array): 1280 x 1024 piksel



Şekil 1.15. Çözünürlüklerin Karşılaştırılması

Kaynak: http://www.infocellar.com/Hardware/ga.htm

y koordinatının yönü, matematik derslerinde öğretilenin tam tersi yönündedir. Bu durum görüntünün matriks gibi davranmasından ve üst - sol köşenin (0,0) elementi olmasıyla

açıklanır. Koordinat sistemin ve matriks gösteriminin amacı hesaplamalar yapmak ve kolay programlayabilmektir.

Nesne çözünürlüğü, objenin üzerindeki fiziksel boyutların, sensor üzerindeki piksellerle örtüşmesidir. Nesne çözünürlüğü için kullanılan birimler her piksel için μm (mikronlar) ve mm'dir. Bazı ölçümlerde çözünürlük bir pikselden daha küçük olabilmektedir. Bu durum alt piksellerin genişletilerek piksellere dönüşmesini sağlayan interpolasyon algoritmaları sayesinde başarılabilmektedir.

Aşağıda anlatılan pratik yöntem nesne çözünürlüğü için güzel bir yaklaşım sunmaktadır:

FOV (Görüş Alanı) genişliği = 50 mm

Sensör Çözünürlüğü = 640 x 480 piksel

Nesne çözünlürlüğünü hesaplarsak;

$$\frac{50}{640} = 0.08 \text{ mm /pix}$$

olarak buluruz. Yani her piksel için nesne çözünürlüğü 0,08 mm'dir.



Şekil 1.16. Piksellerin Gösterilişi

Şekil 5.11'den de görülebileceği üzere, normal boyuttaki bir resim de piksellerin kare olduğu belirgin değildir. Resim büyütüldüğünde (32 Kat) piksellerin kare olduğu anlaşılır. Her bir piksel tek renkten oluşur (Görüntü İşleme 1, 2007).

Pikselin parlaklığına şiddet denir. Her görüntünün içindeki piksellerde, şiddet bilgileri saklanır ve bunlar farklı tiplerde olabilirler. Örnekler:



Şekil 1.17. Binary: Her Piksel İçin Bir Bit



Şekil 1.18. Gri Skala: Genel Olarak Her Piksel İçin Bir Byte



Şekil 1.19. Renkli: Genel Olarak Her Piksel ve Renk İçin Bir Byte, Tüm Renk Bilgilerini Gözlemlemek İçin Üç Byte

Bir pikselin şiddeti, sayısallaştırılmış ve byte ile tanımlanmışsa, bilgi ayrı seviyelerde nicelenmiştir. Bir byte'daki bit sayısı bit-derinliği olarak adlandırılır. Yapay görmede sıklılıkla piksel başına 8 bit yeterlidir. Daha derin bit derinlikleri üst düzey sensörlerde ve fazla hassas uygulamalarda kullanılabilir.



Şekil 1.20. Sırasıyla Binary, Gri Skala ve Renkli Görüntülerin Karşılaştırılması

Her pikselde saklamak için farklı miktarlarda verilerin gerekmesinden dolayı (örneğin 1,8 ve 24 bit) renkli ve gri skalalı görüntülerde görüntü işleme işleme daha uzun sürmektedir (Sick Ivp, Machine Vision Introduction, 2006).

Pozlama, fotoğrafik film ya da sensör tarafından ne kadar ışığın saptandığıdır. Pozlama miktarı iki şekilde belirlenir:

Pozlama zamanı: Pozlama süresi, milisaniyelerle (ms) ölçülür.

Aralık boyutu: Lenslerden geçen ışık miktarını kontrol eder.

Toplam pozlama bu iki parametrenin birleşmesiyle oluşmaktadır. Eğer pozlama süresi sensörün yeterli ışığı yakalaması için çok kısaysa, görüntü karanlık çıkar ve suekspoze olur. Eğer çok ışık varsa ve sensor doymuşsa, görüntü aşırı ışıklı olur ve sürekspoze denir (Sick Ivp, Machine Vision Introduction, 2006).

Pozlama zamanı ve aralık boyutu görüntünün şiddetini ölçmek için fiziksel yöntemlerdir. Bir de sensör pozladıktan sonra şiddet değerlerini genişletmek için kullanılan ve giriş/çıkış değeri olarak adlandırılan elektronik bir yöntemi vardır, radyolardaki ses kuvveti kontrolüne (sanatçının şarkısını gerçekte arttırmamaktadır.) çok benzerdir. Yetersiz ışınlamayı telafi etmek için daha kazançlı bir şey ile takas etmeye ses (noise) denir (Sick Ivp, Machine Vision Introduction, 2006).

1.5.6. Aydınlatma

İncelenecek nesnenin etrafında aydınlatmayı, nesnenin kolayca algılanabilmesini ve görülebilmesini sağlayacak ışık kaynaklarının olması gerekmektedir. Görüntülenecek nesnenin iyi aydınlatılması ile görüntü işleme işi daha da kolaylaşmaktadır. Nesnelerin aydınlatılması, etraflarında büyük miktarda aydınlatma yapılması anlamına gelmez, uygun bir şekilde ayarlanabilen, doğru yoğunlukta ve doğrultuda, gerekli aydınlatmayı sağlaması nesnelerin aydınlatılması için yeterlidir. Aydınlatmada gölge oluşumu dikkate alınmalı ve nesnenin ilgilenilen bölgesinde maksimum kontrast sağlanabilmelidir (Movimed custom imaging solutions, 2007).

Farklı aydınlatma yöntemleri ile aynı nesne üzerinde çok geniş bir çeşitlilikte sonuçlar alabiliriz. İncelenmesi gereken belirli özellikleri artırmak için, temel aydınlatma prensiplerini anlamak çok önemlidir.

1.5.6.1. Işık ve Renk

Işık, dalgalar gibi üç özellikle tanımlanabilir:

- Nm(nanometre) ile ölçülmüş dalga boyu ya da renk
- Şiddet
- Polarizasyon

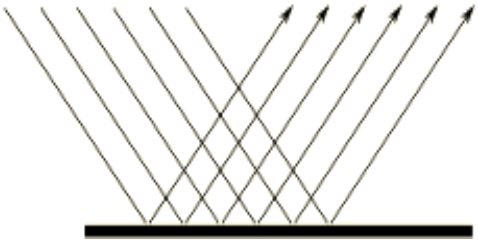
Temel olarak yapay görmede dalga boyları ve şiddet önemli kriterler olmasına rağmen polarizasyon sadece bazı özel durumlar için göz önünde bulundurulur.

Farklı dalga boyları farklı renklerle örtüşür. İnsan gözü görülebilir spektrum içindeki renkleri görebilir, bunların renk aralığı mordan kırmızıya kadardır. Mor renginden daha kısa dalga boylu ışıklar morötesi (ultraviolet), kırmızıdan daha uzun dalga boylu ışıklar ise kızılötesi (infrared) olarak adlandırılır.

Işık kaynakları, floresan lambalar, LED lambalar veya halojen lambalar olabilir. LED'ler uzun ömürlü olmaları ve daha az enerji tüketmeleri nedeniyle diğer ışık kaynaklarına nazaran daha çok tercih edilirler. Aydınlatma biçimi, ışık kaynağının aydınlatma doğrultusuna bağlı olarak, doğrudan veya dolaylı aydınlatma olarak iki gruba ayrılabilir.

1.5.6.2. Yansıma

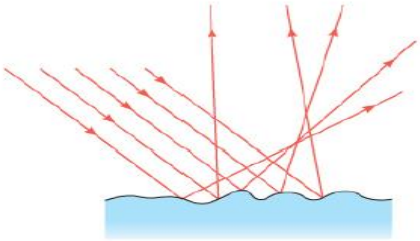
Optik eksenin, lensin merkezinden geçtiği düşünülür. Kamera, ışığın yardımıyla yüzeyin üzerine yansıyan (reflected) nesneleri görür. Şekil 5.15'te tüm ışınlar yansıtılmıştır, buna tam yansıma denir ve ayna gibi parlak yüzeylerde tam olarak görünür.



Şekil 1.21. Parlak Bir Yüzeyde Tam Yansıma

Gelen ışık yüzeyde absorblanabilir, yansıyabilir ve/veya geçebilir. Yansıyan ışık belirli bir yönde olabilir, bu durum düzgün yansıma (specular) olarak isimlendirilir veya belirli bir yöne değildir, bu durumda dağınık (diffuse) yansıma olarak isimlendirilir. Bunların ikisi de ışık dalga boyu ve malzeme özellikleri ile ilişkilidir. Pürüzlü yüzeylerden olan yansıma oldukça karmaşıktır, dağılma (kırılma, kırınım) ve yüzeyin mikro yapısı ile ilişkili olarak girişim etkisi olur ve durum çok katlı yansıma içerir. Yüzey pürüzlülüğü arttıkça, yansıma açısı artarak, reflektans azalacaktır (Yang ve Ikeuchi, 2003).

Tam yansımalarda gelen açı, yansıyan açıya her zaman eşittir ve yüzey normalinden ölçülür. Saydam ya da yarı saydam malzemeler de ışığı geçirmektedirler.



Şekil 1.22. Dağınık Yansıma

Kaynak: Reflection of Light: Mirrors, 2014

1.5.6.3. Aydınlatma Teknikleri

Işık kaynakları olarak akkor flamanlı lambalar, akkor halojen lambalar, florasanlar, lazerler, fiber optik kablolu aydınlatmalar ve ledleri örnek gösterebiliriz. Yapay görme için en uygun aydınlanma tipleri LED (Light – Emitting Diode)'lerdir. LEDler hafif, uzun ömürlü ve düşük güç tüketimine sahiptirler.

Yapay görme sistemlerinde aydınlatma tipleri temel olarak doğrudan ve dolaylı aydınlatma olarak ikiye ayrılır. Doğrudan aydınlatma bir yüzeyin bir kaynaktan düz bir hat üzerinde gelen ışık ışınları ile aydınlatılmasıdır. Dolaylı aydınlatma ise ışık akısının en az %90'nını tavana veya duvarlara dağıtan ve bu yüzeylerden geri yansıyan ışık ile aydınlatmadır.

1.5.6.4. Halka Aydınlatma

Halka lambalar, ya kamera üzerindeki ya da kamerayla nesne arasındaki optik lensin optik ekseninin çevresine monte edilmiştir. Geliş açısı, ışığın montelendiği yere ve LEDlerin geliş açılarına bağlı olarak halka çapına göre değişir.

1.5.6.5. Spot Aydınlatma

Spot lambalarda ışıklar optik eksen dışındaki bir yönden çıkmaktadırlar. Düz nesneler için sadece yayılan yansımalar kameraya ulaşmaktadır.

1.5.6.6. Arka Fon Aydınlatma (Backlight)

Arka fon aydınlatmada, nesne arka taraftan aydınlatılarak bir siluet üretilir. Genel olarak ışık optik eksen üzerine dik olarak monte edilir. İnsan gözü ile kamera veya fotoğraf makinesinin çalışma prensibinde; çok aydınlık fon önünde duran ışıksız bir obje silüet etkisini ortaya çıkarır. Silüet, objenin bakılan açıya göre izdüşümüdür. Objenin rengi, dokusu hakkında bilgi vermez, sadece boyutu ve nasıl bir şekli olduğuyla ilgili bilgi verir. Türk Dil Kurumu'na göre silüet: Bir şeyin yalnız kenar çizgileriyle tek renk olarak beliren görüntüsü, gölgesidir (Dramatik Aydınlatma Yöntemleri, 2008).

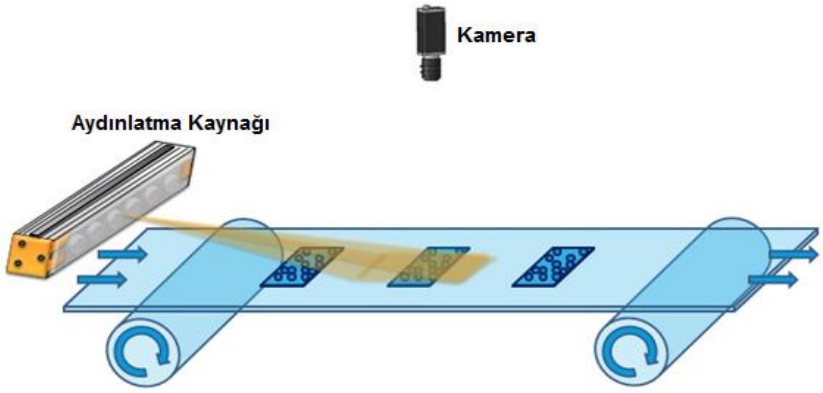


Şekil 1.23. Tipik Bir Arka Fon Aydınlatma Işık Kaynağı

Kaynak: http://www.machinevision.ie/en/machine-vision-illumination.html

1.5.6.7. Karanlık Alan Aydınlatma (Darkfield)

Karanlık alan, nesnenin büyük bir açıyla aydınlatılmasıdır. Direkt yansımalar sadece nesnenin kenarları varsa gerçekleşir. Düz bir yüzeye düşen ışık kameradan uzak bir yere yansıtılır.



Şekil 1.24. Darkfield Aydınlatma İle Yapay Görme Uygulaması

Kaynak: http://www.effilux.fr/, 2014

1.5.6.8. Eksen Işığı Aydınlatma

Bir nesne optik eksene paralel olarak aydınlatılmak istendiğinde, örneğin önden direk olarak, yarı geçirken bir ayna eksende ışık kaynağı oluşturmak için kullanılır. Işınlar optik eksene paralel olduğu sürece, odak düzlemine paralel olan tüm yüzeylerde yansımalar görünür.

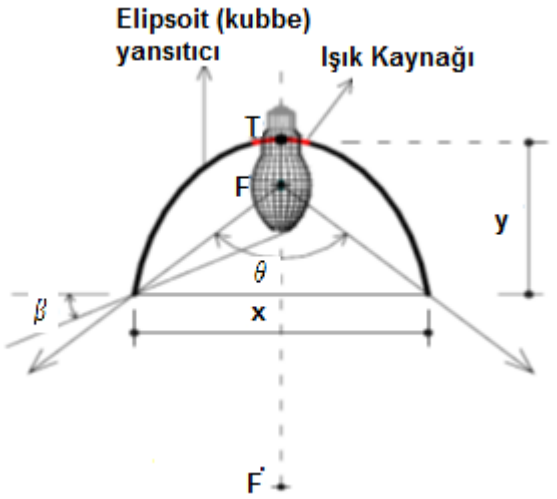


Şekil 1.25. Çevre Işıkları ve Eksen Işığıyla Aydınlatılan Nesnelerin Görüntüsü

Kaynak: Sick Ivp, Machine Vision Introduction, 2006

1.5.6.9. Kubbe (Elipsoit) Işığı Aydınlatma

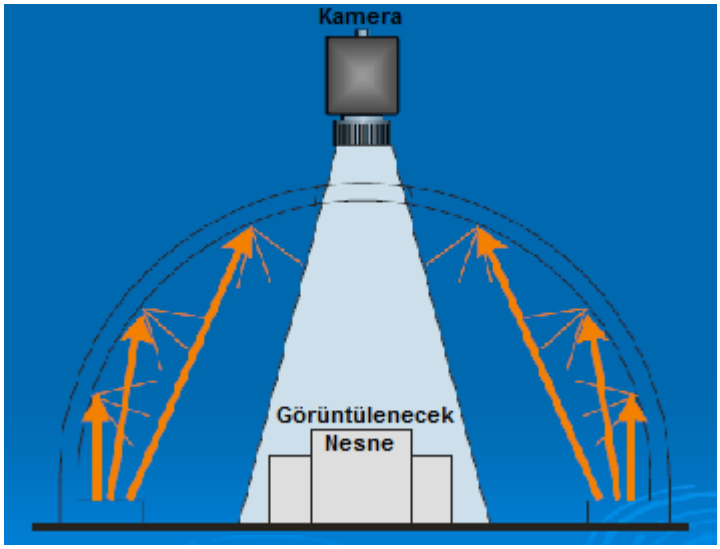
Yansıyan yüzeyler ani yansıma ve gölgelenmelere maruz kalmadan yüksek bir aydınlanma gerektirir. Kubbe ışığı gerekli olan aynı ışık şiddetini kubbe duvarlarının içinde parlak ve mat aydınlatarak LEDlerin aracılığıyla üretir. Görüntünün ortası kubbenin içindeki delikte kameranın baktığı alan olduğu için koyudur.



TF: Yansıtıcının tepe noktası ile odakarasındaki uzaklık, FF':İki odak arasındaki uzaklık, β:Siperlik engel açısı, θ: Işığın yayılma açısı, x:Yansıtıcının ağız açıklığı, y: Yansıtıcının yükseliği

Şekil 1.26 Elipsoit Yansıtıcının Enine Kesiti

Kaynak: ÖZTÜRK, TONG ve YAĞMUR, 2008



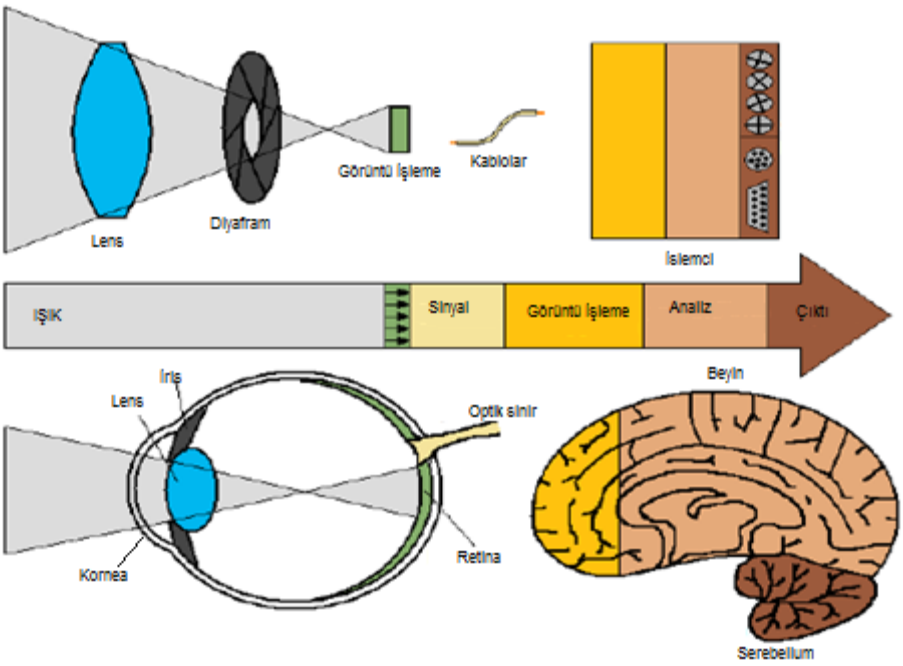
Şekil 1.27. Kubbe (Dome) Aydınlatma İle Yapay Görme Uygulaması

Kaynak: Lighting Considerations In Machine Vision, 2014

1.6. Yapay Görme Sistemlerinin Sağladığı Avantajlar

Yapay görme sistemlerinin avantajlarını anlatmak için herhangi bir uygulamada yapay görmeyi insan performansı ile karşılaştırarak çalışanla yapay görme sistemleri arasındaki farkı rahatlıkla anlayabiliriz. Yapay görme sistemlerinin büyük bir bölümü insan görme yeteneğinden örnek alınarak yapılmıştır.

Görme işinde, fonksiyonlar gözlemleme, mantık yürütme ve hareket etme olarak sınıflandırılabilir. Gözlem ışığın gözün retina tabakasına etki etmesi ile oluşan sinyali içerir. Sinyal optik sinirlerle beyne iletilir ve burada bilgi bir görüntü oluşturmak için işlenir. Mantık yürütme görüntüden gelen bilginin analiz edilip parçanın kabul edilip edilemeyeceği ve bir eylem yapılmasına gerek olup olmadığı hakkında karar verilmesini içerir. Aşağıdaki şekil makina ve insanın temel bileşenlerinin fonksiyonlarını göstermektedir:



Şekil 1.28. Yapay Görme ve İnsan Gözü Fonksiyonları

Kaynak: Sipponen J. (2010). Employing Machie Vision to a Manufacturing Line

Şekil 6.1'de ortadaki ok, görme sistemlerindeki programlama kuralları temel alınarak çıktıya etki eden faaliyetlerin akışını göstermektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere kornea da ışık kırılır (yapay görme sistemlerinde lens), görüntü gözün derinliklerinde odaklanır, oradaki reseptörler (yapay görme sistemlerinde CCD/CMOS) tarafından algılanarak sinirler vasıtasıyla (yapay görme sistemlerinde Firewire, Ethernet, USB, CameraLink vs) beyine (yapay görme sistemlerinde PC Based ya da Embedded bir yazılım) gönderir ve orada yorumlanır. İnsanı farklı kılan en önemli özellik de zaten bu beyine özgü muhteşem yorumlama gücünün hiçbir sistem tarafından taklit edilemeyecek olmasıdır.

İnsan ve yapay görme arasında problem çözme kıyaslanırsa, ikisinin çok farklı ama çalışma mantığının aynı olduğu gözlemlenir. Beynin görüntü işleme kapasitesi çok büyüktür ve hiçbir yapay görme sistemi ya da bilgisayar yazılımı buna erişemez. Beyin aydınlanmanın değişmesi gibi değişen çevreye göre görüntü kalitesini ayarlar. Yapay görmede ise güvenilir bir işlem sağlamak için aydınlanma durumları sürekli olarak kontrol altında olmalıdır (Hornberg 2006, pp.29 - 31).

Yapay görme sistemlerinde ise kameralar yorulmayacağı, dikkati dağılmayacağı, sıkılıp hastalanmayacağı için kontrol altına alınmış bir çevrede daha ucuz, daha az riskli ve çok daha güvenilirdir. Yapay görme kullanılarak uzaklık ve alanlar hesaplanabilir, kesin numerik veriler oluşturulabilir ve bir çalışanın farketmesi zor olan hatalar çok çabuk tespit edilebilir.

1.7. Yapay Görme Sistemlerinin Kalite Kontrol Uygulamaları

Kalite kontrol bugünün üretim endüstrilerinde gittikçe artan bir öneme sahip olmaktadır. Verimli ve başarılı bir üretim için, üreticiler kalite kontrol sistemlerine güvenmektedirler. Otomatik sistemler hemen hemen tüm hatalı ürünleri eş zamanlı saptayarak üretim firesini önleyebilirler. Ayrıca üretim sistemine entegre edilmiş otomatik kalite kontrol sistemleri, üretimden sapmayı ve israfı belirleyebilir.

İnsanlar tarafından uygulanan geleneksel kalite kontrol görevleri ile karşılaştırıldığında, zararlı ortamlarda bir günde 24 saat çalışabilmeleri daha yüksek doğruluk ve tutarlılıkla daha hızlı ölçümler yapabilmeleri otomatik kontrol sistemlerini daha avantajlı yapmaktadır. Bunlara ilaveten, otomatik kontrol bilgisayar destekli yapılırsa, sonuçlar üreticinin istatistiksel süreç kontrolüne kolayca entegre edilebilir.

Yapay görme ile kalite kontrol, günümüz modern imalat kalite kontrol sistemleri içerisinde gittikçe artan bir öneme sahip olmaktadır. Artan bu eğilimin nedenleri arasında hız, temassız doğru ölçüm ve karmaşık özelliklerin analizi sayılabilir ki, artık bunlar daha düşük maliyetli yapay görme sistemleri ile uygulanabilir olmaktadır (Heleno, Davies, Correia ve Dinis, 2002).

İmalat sanayisinde, ürün kalitesinin devamlılığını sağlamak için, ürünü muayene etmenin bir yolu da görsel muayenedir. Parçanın görüntüsü, yüzey hatalarını, hatalı montajı ve ürün deformasyonlarını gösterebilmektedir. Otomatik görsel muayene sistemleri, insan müdahalesi olmadan ürünün görüntüsü ile muayene işlemini gerçekleştirirler.

Kalite kontrol, ürün standartları için herbir gereksinimin bir üründe kontrolü anlamına gelir. Üretim endüstrisinde kalite kontrol işleminin amacı, müşteri gereksinimleri ve

memnuniyetini karşılamak için üretilen ürünlerdeki değişkenliği azaltmaktır. Yüksek karmaşıklıktaki ürünlerin üretildiği endüstrilerde ürün kalitesi sürdürülemezse, ürünün pazarda hayatta kalabilmesi oldukça güçtür. İmalat sanayilerinde, hammaddenin seçiminden, bitmiş ürüne kadar olan her süreç, kalite kontrol departmanlarına etkili bir şekilde bağlanmalıdır. Üretilmiş bir parçanın yapay görme ile kalite kontrolü için üç ana aşamada sınıflandırma yapılabilir:

- Konum analizi
- Boyut analizi
- Yüzey durumu

Yukarıdaki faydaları sonucunda, kalite kontrol süreci, çıktıyı arttırır ve aksayan süreçleri azaltır. Bitmiş ürünün performansının, yararlılığının ve dayanıklılığının belirlenmiş standartlara uygunluğunu sağlar. Otomatik kalite kontrol modern üretim endüstrileri için temel bir araç olmaya başlamıştır (Shukla ve Jayswal, 2013).

Geleneksel olarak görsel muayene ve kalite kontrol insanlar tarafından yapılmaktadır. Birçok durumda insanlar görevlerini makinalardan daha iyi yapabilseler de, makinalardan daha yavaştırlar ve kolayca yorulabilirler. Bunun yanısıra, insanlar hata bulmakta zorlanırlar, gözlem yapmayı devam ettirmekte zorlanırlar, eğitilmelerine ihtiyaç vardır ve yeteneklerini geliştirmeleri zaman alır. Ayrıca birçok durumda vardır ki, en iyi uzmanlar dahil muayene esnasında zorlanırlar veya tedirgin olurlar. Bazı uygulamalarda, kesin bilgi, hızlı veya tekrarlı bir şekilde alınmalı ve uygulanmalıdır (hedef takip ve robot yönlendirme vs.). Bazı ortamlarda (su altı muayene, nükleer sanayi, kimya endüstrisi vs.) muayene zor ve tehlikeli olabilir. Yapay görme, yukarıda söz edilen durumlarda verimli bir şekilde insanın yerini alabilir.

Başarılı bir yapay görme sisteminin tasarımı ve geliştirilmesi için gereksinimler uygulama alanına bağlı olarak değişkenlik gösterir ve ortama, hıza, yapılmak istenen göreve vs. bağlıdır. Örnek olarak yapay görme ile muayene uygulamalarında, sistem kabul edilebilir ve kabul edilemeyen değişkenlikler, hatalı ürünler vs. arasında karar

alabilmeli, sistem kullanıcılara görevleri yönetme, sıralama, ölçme ve montaj doğrulama yetkilerini verebilmelidir.

Tüm uygulama alanlarındaki bütün görevleri yerine getirebilecek bir endüstriyel görme sistemi yoktur. Belirli bir uygulama alanının gereksinimleri kendine özeldir, böylece uygulamanın tasarımı ve geliştirilmesi için uygun kararlar alınabilir. Otomatik bir yapay görme görevinde ilk problem yapay görme sisteminin ne tür bir bilgiye sahip olması gerektiğini ve görüntüden alınan özelliklere veya ölçümlere nasıl dönüştürüleceğini anlamaktır. Örnek olarak, ölçümlerin, kuralların ve bu görevlerin yazılımda veya donanımda nasıl uygulanacağının önceden belirlenmiş olması önemlidir. Bu yüzden elde edilmek istenen ölçümlerin çeşidi ve ölçümlerden elde edilen yer saptama kararları verilmelidir. Sistemin güvenilir olması için, kabul edilmeyen durumların kabul edilebilir raporlanması veya kabul edilebilir durumların kabul edilmez raporlanması durumlarının olabildiğince azaltılması gerekmektedir (Malamas, Petrakis, Zervakis, Petit ve Legat, 2000).

Endüstriyel üretimde, ürün muayenesi üretim sürecinde önemli bir aşamadır. Kitlesel üretimin birçoğunda ürün güvenilirliği oldukça önemli olduğundan, tüm parçaların alt montajların ve bitmiş ürünlerin %100 kontrolüne olukça sık başvurulur. Muayenedeki en zor görev görünüşle muayene yapmaktır. Görsel muayene hem fonksiyonalite hem de görüntü belirlemeyi araştırır. Çoğu üretim sürecinde görsel muayene performansı yetersiz ve değişken operatörler tarafından yapılmaktadır. Teknolojideki ilerlemeler sayesinde otomatik görsel muayene sistemlerinin ucuzlamasına imkan sağlamış, görüntü analizi araçları daha ucuza daha iyi sonuçlar vermektedir. Otomatik sistemlerin en büyük avantajları hız ve tanımlama kapasiteleridir.

Görsel muayene sistemleri alanında oldukça geniş araştırmalar yapılmıştır. Hassas elektronik parçaların üretimi, kaliteli tekstil ürünleri, metal ürünleri, cam imalatı, makine parçaları, elektronik devre imalatı gibi birçok uygulama alanı sayılabilir. Görsel muayene teknolojisi verimliliği ve kaliteyi artırır ve bu teknolojiyi kullanan endüstrilere rekabetçi bir avantaj sağlar. Başarılı bir görsel muayene sistemin tasarımı ve geliştirilmesi için gereksinimler uygulama alanına göre oldukça değişiklik göstermekle birlikte gerçekleştirilecek görevlere çevreye, hıza da vb. bağlıdır. Örnek olarak, görsel

muayene uygulamalarında sistem kabul edilebilir veya kabul edilemezliği ya da ürünlerdeki hataları ayırt edebilmelidir. Bazı uygulamalarda ise, kullanıcıya çeşitli yetkiler verilmelidir ki kullanıcı görevleri sıralayabilsin veya yönlendirebilsin. Ayrıca bazı uygulamalarda montajı ve ölçüleri kontrol etmeleri gerekebilir (Sulaiman ve Prabuwono, 2008).

Otomatik muayene sistemlerinin, üretim süreçlerinde kullanılması giderek artmaktadır. Sistemler, çeşitli parçaların önceden belirlenmiş parametrelerini ölçebilmekte, önceden belirlenmiş değerlerle ölçülen parametereleri karşılaştırabilmekte, ölçülen parametrelerle parçaların bütünlüğünü değerlendirebilmekte ve kabul edilebilir veya edilemez olarak parçaları ayırabilmektedirler. İnsanlar önceki bilgilerine dayanarak çeşitli hataları bulabilirler. İnsan yargısı beklentilerden ve önceki bilgilerden etkilenebilir. Ancak, bu yöntem doğası nedeni ile sıkıcı, zahmetli, maliyetli ve güvenilmez olabilir. Bu yüzden insanlar tarafından yapılan geleneksel görsel kalite muayenesi yerini yapay görme sistemlerine bırakma potansiyeline sahiptir. Nesnelliğe, tutarlılığa ve verimliliğe olan talebin artması otomatik muayene sistemlerine olan ihtiyacı doğurmuştur. Bu sistemler görüntü işleme teknikleri kullanır ve karmaşık ölçüleri, şekilleri, ürünlerin tekstür özelliklerini ve rengini nicel olarak karakterize edebilirler. Doğru yapılan otomatik muayene ve sınıflandırma iş yükünü ve işçi maliyetlerini azaltırken verimliliği arttırır (Nagrale ve Bagde, 2013).

Genel olarak büyük ölçekli imalat süreçleri, harici muayene işlemleri için durdurulamaz ve rutin muayeneler üretim süreçlerinin karmaşıklığından dolayı çeşitli operasyonel zorluklar barındırır. Bu yüzden yapay görme sistemleri kullanılarak, otomatik muayeneler, süreçleri bozmadan veya etkilemeden uygulanabilir ve süreç dinamikleri ve verimliliği açısından insanlar tarafından gerçekleştirilen tekrarlı eylemlerin yerini alabilirler. İlave olarak yapay görme sistemleri güvenilirlik, hız, hassasiyet ve esneklik açısından önemli faydalar sağlarlar (Arroyo, Lima ve Leitão, 2012).

Kalite kontrol işlemlerinde internet ve bilgi teknolojilerindeki ilerlemeleri bağlı olarak son zamanlarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Gerçek zamanlı kalite kontrol uygulamaları, kalite bilincinin eksiklikğinden kaynaklanan makine ve malzeme odaklı problemlerle baş edebilmek için mükemmel araçlardır. Gerçek zamanlı bilgileri toplayan

bir bilgisayar, süreç içerisinde hatayı ilk anladığı anda daha sonra meydana gelebilecek hataların oluşmasını engelleyebilir (Woo ve Law, 2002).

Gelecekte üreticiler, teknolojideki ilerleme, küresel rekabet ve müşteri beklentilerinin sürekli değişmesinin toplam etkisi ile belirsizliği gittikçe artan bir iş çevresi ile karşı karşıya kalacaklardır. Kalite, esneklik, maliyet ve zaman üreticilerin hayatta kalabilmesi için en önemli rekabetçi silahlardır dolayısı ile maliyetleri düşürmek ve verimliliği arttırmak zorundadırlar. Kalite kontrol teknikleri sürekli büyüyen organizasyonlara ürün ve süreçleri geliştirmeleri ve yenilemeleri açısından büyük imkanlar sağlamaktadır (Judi, Jenal ve Genasan, 2009).

2. YÖNTEM

Maliyet analizi ile yatırım karlılığının tespit edilebilmesi için, çeşitli maliyet hesaplama yöntemleri mevcuttur. Araştırmamızda geri ödeme süresi, net bugünkü değer gibi yatırım kararları alınırken kullanılan maliyet analiz tekniklerinden faydanılacağı gibi, maliyetlerin minimizasyonunu sağlayabilmek için, kalitesizlik maliyetlerinin neler olduğu belirlenerek, bu kalitesizlik maliyetlerinin önlenmeleri neticesinde maliyetten tasarruf sağlanarak, örnek uygulamada yapay görme sistemi yatırımının geri ödeme süresine ulaşılmıtır. Uygulama bir otomotiv firmasında gerçekleştirilmiş, verilerin bir kısmı da yapay görme donanım ve yazılımlarını üreten firmalardan sağlanılmıştır.

Ürün veya hizmet için katma değerli işlerin belirlenerek, katma değeri olmayan işlerden ayrılması, maliyetlerin hesaplanması ve düşürülmesi için önemli bir yöntemdir. Doğru maliyet hesaplamaları ile, ürünlerin gerçek satış fiyatları belirlenebilir, işletmenin pazardaki rekabet gücü ve müşteri memnuniyeti artar, işletmenin net karı görünür hale gelir, alt işverene mi ürettirmek gerekir veya kendisinin mi üretmesi daha makuldür belli olur ve işletme karını maksimize edebilir.

Bir yatırım kararı alınırken, maliyetler ve faydalar ortak bir para biriminde net olarak belirlenirse, iki proje kıyaslanıyorsa en küçük maliyetli projeye yatırım yapılır veya tek proje için hesaplama yapılmış ise, faydaları maliyetlerinden fazla olan projeye yatırım yapılır. Yatırım kararlarının ise doğru alınıp alınmadığı, projeye yatırım yapıldıktan sonra çeşitli ölçme ve değerlendirme yöntemleri ve kriterlerine göre yapılır. Araştırmamızda, yeterli yatırım maliyet analizi yapılmadan tek bir hat üzerine kurulan yapay görme sisteminin yatırım analizi ve değerlemesi, kalitesizlik maliyetleri temel alınarak oluşturulan soruların cevaplanması ile yatırım kararının doğru alınıp alınmadığı kontrol edilmiş, yatırımın geri ödeme süresi hesap edilmiştir.

Donanım, yazılım, uygulama mühendisliği ve sistem entegrasyonu ile akıllı kameralar, görüntü sensörleri ve gömülü görüntü sistemleri gibi bazı kısıtlamalar içeren sistemleri, $10.000 ile $30.000 arasında bir maliyet ile tasarlamak mümkündür. Bu tür sistemleri daha birkaç yıl önce $45.000'ın altında tasarlayabilmek imkansız olmasına rağmen, teknolojideki ilerlemeler ile yapay görme teknolojisi maliyetleri de oldukça azalmıştır.

Yapay görme teknolojisine, sadece işgücü tasarruflarını düşünerek bile geçiş yapılabilir. Bir üretim merkezinin üç vardiya çalışması durumunda, sadece işgücü tasarrufları dikkate alınarak yatırım geri dönüş süresi bir yıla kadar inebilmektedir. Bunun yanı sıra, diğer tüm tasarruflar göz önüne alındığında, bir yapay görme sistemi yatırımının bir yıldan daha az bir sürede yatırım geri dönüşünü sağlama olasılığı vardır.

Tabiki, her uygulama kendi değerine göre incelenerek açıklanmalıdır. Tasarruflar bazı koşullarda uygulanabilirken, diğer koşullarda aynı durum söz konusu olmayabilir. Yapay görmeyi haklı çıkartan stratejik ve taktiksel nedenler vardır. Yapay görme sistemleri, müşterilerin endişelerini ortadan kaldırarak şirketlerin rekabetçi avantajlarını arttırmaları için önemli bir faktör olabilir. Bir fabrikanın sadece bir hattı üzerinde dahi böyle bir sistem kurmanın mantıklı olabileceği söylenebilir.

Üretimin ve kalitenin artması, talaş parçalarının ve yeniden işleme masraflarının azalması, ürünlerin geri dönmesini engelleme (bununla birlikte nakliye masraflarındaki azalma), yükümlülük sorunlarından kaçınma, alan servis maliyetlerinden kaçınma, sermaye verimliliğini arttırma, sıkışıklıklardan kaçınıp makina çalışma zamanını arttırarak sermaye üretkenliğini arttırma, atıkların yok edilmesi gibi birçok avantajdan söz edilebilir.

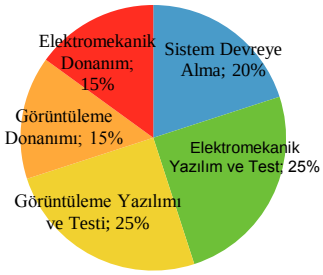
İş gücü maliyetlerine bakıldığında, işgücü için ayrılan sermaye direkt iş gücü maliyetleri kadar dolaylı işgücü maliyetlerini de içermektedir. Bu arada, işgücü maliyeti, saat ücreti ve ek ücretler yanında tatil, askerlik ücreti, her çalışan için işçinin maaşı ve ortalama eğitim bursları, eğitim/oryantasyon maliyetleri, vergiler gibi birçok şeyi içermektedir. Diğer bir ifadeyle, direkt işgücü maliyetleri çalışanın gerçek maaşının 1.5 katı kadar bir maliyeti kolaylıkla oluşturabilir. Operatörün, ondan beklenen denetim görevini yapması için eğitme maliyeti vardır.

Yapay görme sistemleri ile, parçalar %100 kontrol edildiği için yeniden işleme ve hurda maliyetleri gözle görülür bir şekilde azalacaktır. Yapay görme sistemleri red durumları için sinyal gönderme eğilimlerinde olup böyle bir durumla karşı karşıya geldiklerinde bu ürüne etiketleme yaparak ürünün tekrar üzerinde çalışılmasını engellemektedir. İkinci

bir yarar ise, ürünün kusurlu bölgesine etiketleme yapıldığı için tekrar bu bölümü bulmaya harcanan zaman ortadan kaldırılabilmektedir.

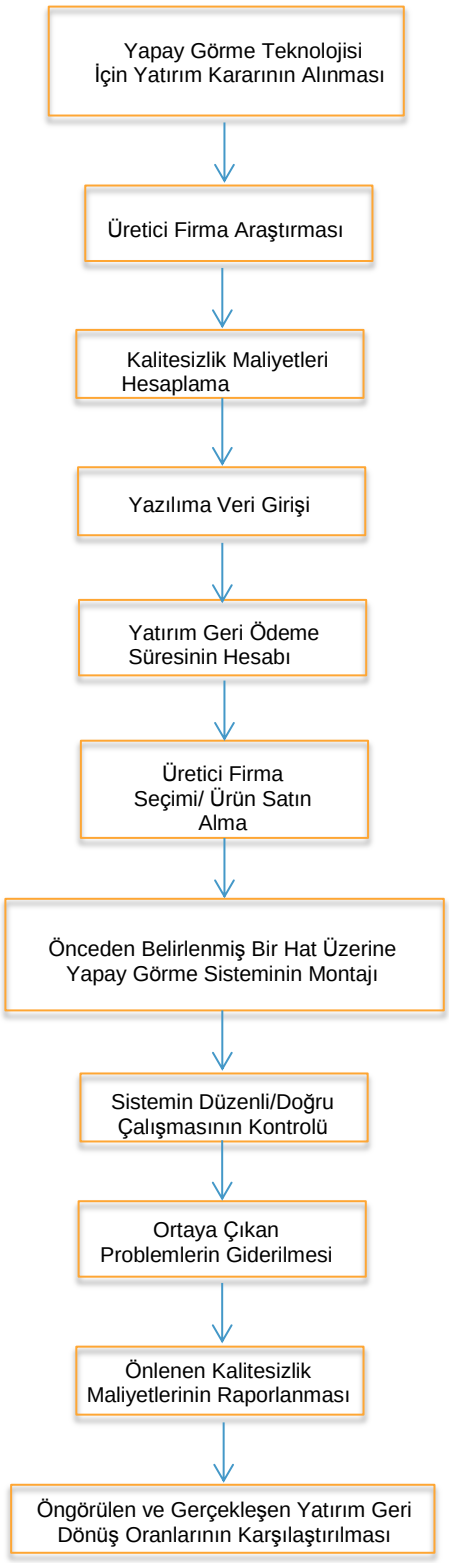
Yapay görme sistemleri ile otomatik bir güvenli veri depolama yapılabilir ve bu veri hiçbir kayıt hatası içermez. Ölçümleri birden fazla operatör dahi yapsa, ölçümler arasında tutarsızlık olmayacaktır. Yapay görme sistemleri, kullanılan sistemlerde bir parçanın yıllık maliyetinin %1'lik kısmı kalite kontrol maliyetleri olarak düşünülebilir. Farklı ya da sorunlu parçaların oluşmasını engelleyerek, bekleme süresini yok eder, hatların çalışma zamanlarını arttırırlar.

Maliyet ve kazanımları hesapladığımızda yapay görme sistemlerini kullanmanın apaçık bir geri dönüşümlü yatırım olduğu anlaşılır. Kaçınılmaz bir şekilde, tipik bir yapay görme sisteminden düşük maliyetle, büyük kazanımlar beklenmektedir. (http://www.visiononline.org/).



Şekil 2.1. Averna Technologies'in 20 Yapay Görme Uygulamaası Verilerine Göre Maliyet Oranları

Kaynak: Sarwar S. 2014, Overcoming the Challenges of PC Based Industrial Machine Vision



Şekil 2.2. Yatırım Kararı ve Geri Ödeme Süresi Süreç Şeması

2.1. Maliyet Gerekçelendirme

Yapay görme sistemleri tasarımında bazı işletmeler müşterilerine fayda maliyet oranı üzerinden maliyet analizi yaparken, bazı işletmeler ise geri ödeme süresine bağlı olarak maliyet analizi ile müşterilerine maliyet analizi sonuçlarını aktarmaktadır. Bu iki hesaplama yöntemi haricinde, hesaplamaları daha detaylı ve zor olan indirgeme tekniklerine dayanan, net bugünkü değer ile iç karlılık oranı hesaplama yöntemleri de kullanılmaktadır. Bir yapay görme sistemi tasarlanırken aşağıdaki maliyet kalemleri dikkate alınmalıdır:

- İlk yatırım maliyetleri
- Pazar araştırması, donanım seçimi ve alımı maliyetleri
- Sistem geliştirme ve entegrasyon
- Montaj
- Eğitim
- Proje yönetimi
- Çalışma maliyetleri
- Kamu vergileri
- Bakım
- Yeniden eğitim
- Yükseltmeler

Yapay görme uygulamaları tasarımında belirli bir bütçe ile maliyetlendirmek yanıltıcı olabilir. Çünkü her işletmenin ihtiyacı kendine özgü olabileceği gibi, benzer görevi görecek farklı donanım veya yazılım seçenekleri olabileceği için maliyetler, ihtiyaç ve koşullara göre belirlenmelidir. Dolayısı ile ilk bir ayda yatırım geri dönüş karlılığı sağlayabilecek sistemler olabildiği gibi, başabaş noktası üç yıl ile yedi yıl arasında

değişen sistemler de tasarlamak mümkündür. Yatırım yapay görme sistemlerini uygulamak isteyecek işletmenin finans gücüne ve beklentilerine göre oldukça göreceli değişebilmektedir (West, 2014).

2.1.1. Malzeme Maliyetleri Açısından Gerekçelendirme

Birçok yapay görme uygulamasında, hurdaya ayrılan malzemelerin azalması ile elde edilen kar kısa sürede kendini gösterir. Otomatik muayene sistemleri, anlık veya sonradan örneklerin alınması ile istatistiksel süreç kontrolünün bir parçası olarak kullanılabilir. Otomatik muayene sistemleri ile herhangi bir parmetrenin kabul edilebilir limitleri aşması veya herhangi bir tutarsızlık anında düzeltici bir eylemin yapılması anlamına gelmektedir.

2.1.2. İşçilik Maliyetleri Açısından Gerekçelendirme

Yapay görme sistemlerinin çoğu uygulamada insanların yerini alması, işçilik maliyetlerinin azalmasında önemli bir maliyet tasarrufu anlamına gelmektedir. Çoklu vardiya ile çalışan işletmelerde bu tasarruf önemli oranda artmaktadır. Bunlara ilave olarak, yapay görme sistemleri ile otomatikleştirilen muayenelerle, işçilik giderlerinin, yıllık ücret artışlarının veya vergiler gibi diğer görünmeyen giderlerin azalmasına neden olacaktır. Ancak, bu tür sistemleri kullanacak kişilerin daha yetenekli olmaları gerekmektedir.

2.1.3. Kalite Maliyetleri Açısından Gerekçelendirme

Artan kalite farkındalığı, incelenen ürünlerin standartlara uygunluğu, tutarlı, güvenilir ve nesnel olmaları yapay görme sistemlerine olan ilginin artışına neden olmaktadır. Malzeme kalitesinin artışı, tedarikçi kalitesinin gözlemlenebilmesi bitmiş ürün kalitesini etkileyecek bu da hem maddi hem de maddi olmayan kazanımlar sağlayacaktır. Satış sonrası garanti kapsamındaki bakım onarım maliyetlerinin azalması, müşteri memnuniyetindeki artışı ve taleplerin tekrarlı ve daha büyük miktarlarda olmasını sağlayacaktır (Machine Vision Handbook).

2.2. İhtiyaçların Belirlenmesi

Başarılı bir yapay görme sistemi için sistemden beklenen özelliklerin, gerçekleştireceği görevin ve içinde çalışacağı ortamın önceden detaylı bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Çoğu zaman dış etkenler örneğin mekanik toleranslar hatta bazen de görevler net olarak belirlenmemiş olabilir. Bunun nedeni, görüntü işlemenin bir yazılım tarafından yapılabileceği ve böylelikle kolayca değiştirilebileceği düşünülerek veya bilgi eksikliği olabilir. Yazılımlar kolayca modifiye edilebilir olmasına rağmen, özelliklerin yetersiz belirlenmesinin bir sonucu olarak projenin verimliliği tehlikeye düşecektir.

Bir kalite kontrol otomasyon işi için yapay görme sistemi seçiminde ilk yapılacak iş ihtiyaçların belirlenmesidir. Aşağıda ihtiyaç analizi yapılırken sorulması gereken sorular kısaca özetlenmiştir:

2.2.1. Sistemin Gerçekleştirmesi Beklenen Görev Nedir?

Farklı görevleri gerçekleştirmek için gerekli olan yapay görme sistemlerinin sahip olması gereken yeteneklerinin de birbirlerinden farklı olması doğaldır. Muayeneden beklenen nesnelerin detaylı olarak incelenmesine ve görüntünün kabul veya red kararlar almasını beklemek olabilir. Diğer taraftan montaj parçalarının yerlerinde olup olmadığı, doğru yerlerde oldukları, yönlerinin veya yerleşimlerinin doğru olduğu gibi bilgilere ihtiyaç duyulabilir. Özel bir görevi yerine getirmek için tasarlanmış bir yapay görme sistemi başka bir görevi yerine getirmek için uygun olmayabilir.

2.2.2. Görsel Performans Ölçütleri Nelerdir?

Yapay görme sisteminin bileşenleri olan aydınlatma, kamera ve lensler kendilerinden beklenen yeterli performansı gösterebilmelidir. Küçük nesnelerin veya küçük hataların belirlenmesi, ölçüm hassasiyeti ihtiyacı, parça dokusu, görüntülenecek olan alan veya görüntünün boyutu ve hassasiyeti, görüntü yakalama ve işleme hızı, ihtiyaç duyulan renk hassasiyeti için aydınlatma sistemleri, kamera ve lens seçimleri görsel performansı doğrudan etkileyen parametrelerdir.

2.2.3. Çevresel Faktörler Nelerdir?

Bazı kameralar hareketli nesneleri görüntülemekte daha iyi iken bazıları sabit duran nesneler üzerinde daha iyi görüntüleme yapabilmektedirler. Sıcaklık, nem, titreşim ve toz gibi zarar verici maddelerden görüntüleme sistemi bileşenlerini korumak gerekmektedir. Sistemin kurulabilmesi için gerekli olan fiziksel alan kamera ve lens seçimini kısıtlayabilir. Sistemin fiziksel gereksinimlerinin dışında geliştiriciler operasyonel gereksinimleri de göz önüne almalıdır.

2.2.4. Sistemi Kim Programlayacak?

Sistemi yapılandıracak uzman işletme içerisinde yoksa, görüntüleme sisteminin programlanması, değişikliklerin yapılması veya hataların giderilmesi için dışarıdan bir destek ihtiyacı doğar. Eğer sistem periyodik olarak değişilikler gerektirecekse, örneğin yeni bir ürünün muayenesi veya üretim hattının devreye alınması gibi, programlama ihtiyacının önemi artacaktır. Sistem tek bir görev için programlandığı zaman değişikliklerin yapılabilmesi için, uzun süre sistemin kapatılması gerekebilir. İşletme içerisinde böyle bir değişikliği yapabilecek kişilerin olması operasyonel sürenin ve kayıpların azalmasına yardımcı olacaktır.

2.2.5. Birlikte Çalışacak Araçlardan Beklentiler Nelerdir?

Görüntüleme sistemi hatalı bir ürünü algıladığı zaman reddedebilmeli ve kullanıcıya network üzerinde bu bilgili hızlı ve anlaşılır bir şekilde iletebilmeli, muayene sonçlarına bağlı olarak operatör kolay bir şekilde hattı kontrol altına alabilmelidir.

2.2.6. Sistem Ne Tür Bilgiler Vermelidir?

Yapay görme sistemleri nadiren tek başlarına çalışan sistemlerdir. Genellikle işletmenin diğer birimleri ile temas halindedir ve değişik amaçlar için diğer birimlere bilgi akışı olmaktadır. Örneğin, kalitenin izlenebilirliği açısından, muayene sonuçları hem kayıt altına alınabilmeli hem de raporlanabilmelidir.

2.2.7. Operatör Gereksinimleri Nelerdir?

Yapay görme sistemi üzerinde kullanıcının müdahalesi ve kontrolü sistem elementlerini özellikle yazılımı etkileyecektir. Muayene ölçütlerini periyodik olarak değiştirmek zorunda olan operatörler için, yazılımın böyle değişikliklere izin vermesi gerekmektedir. Ayrıca yazılım, yetkilendirilmemiş kişilerin sisteme girmesini, parametre ayarlarını değiştirmesini engelleyici nitelikte olmalıdır. Tüm bunlar dikkate alındığında, sistem bakım ve modifikasyonları açısından kullanıcıların eğitilmesi gerekmektedir. (Defining the Requirements of a Machine Vision System for Factory Automation).

2.3. Kalitesizlik Maliyetleri

Kalitesizlik maliyetleri, sistemin başarısızlığı sonucunda kullanılamayacak durumda olan stoklar, geç teslimatlar, kayıp ürünler, düzeltme işleri, üretim ya da operasyonda gecikmeler, ilave taşıma maliyetleri, yeniden işleme, ilave iş, hurda, yetersiz hizmet, uygun olmayan ürünler, müşteri şikâyet ve öneri yönetimi, ürün veya hizmet garantisi ile ilgili şikâyetler ve bunları araştırma yöntemleri, ilave müşteri hizmetleri maliyetleri ve müşteri iyi niyetinin kaybedilmesi gibi olumsuzluklardan oluşur (Acar, 2005).

Kalitesizlik maliyetleri, IBM'de çalışan bir kalite uzmanı tarafından, 1987 yılında yazdığı kötü kalite maliyetleri ile ilgili kitabında kullanılmasını takip ederek hızla kabul görmüştür.

Bir kısım araştırmacı kalite maliyetlerini, kaliteyi yakalamak için gereken maliyetler olarak tanımlarken diğer kısmı kalite oluşturan birimlerinin maliyeti veya kötü kaliteden doğan maliyet olarak tanımlamaktadırlar. Kalitesizlik maliyeti, kalite politikası ile amaçlanan kalite düzeyine ulaşmak için harcanan her türlü maliyet ile ulaşılamadığı için katlanılan maliyetler olarak tanımlanabilir. Kötü kalite veya kalitesizlik maliyetleri tanımları günümüzde daha fazla kullanılmaya başlamıştır. Artık işletmeleri veya süreçleri yönetenler, kalite maliyetleri terimini genelde kötü kaliteden doğan maliyetler olarak tanımlamaya ve sınıflandırmaya başlamışlardır (Dale ve Plunkett, 1991).

2.3.1. Önleme Maliyetleri

Kalitesizlik maliyetlerini önleme çalışmaları, ürün üretiminde veya hizmet sektöründe oluşabilecek kusur ve eksiklikleri öncesinde tespit ederek önleyebilmek için yapılan ilk faaliyetlerden oluşur. Bu işler, yeni bir ürün üretilmesi için dizayn evresinde yapılacak faaliyetlerin planlaması, programlanması, üretim süresince meydana gelebilecek eksikliklerin ve problemlerin belirlenmesi ve önceden giderilmesi faaliyetleridir. Bu faaliyetlerin hedefi, kalitesi düşük ürünlerin üretilmesini önlemektir. Kaliteye bağlı olarak yapılan yatırımların bir işareti olarak, kalitesizliği bulma ve önleme faaliyetleri için yapılan harcamaların maliyetleri örnek gösterilebilir. Başarısızlık maliyetlerini küçültmede bir ölçüt olan önleme maliyetleri önemli bir yere sahiptir. Bir bakıma, kalite yatırımı olarak düşünülebilen bu maliyetleri kurumun faaliyet gösterdiği alana göre değişiklik gösterebilen kalite planlaması, donanım geliştirme, tasarım gözden geçirme, kalite eğitimleri, kalite çemberi çalışmaları, önleyici bakım, yan sanayinin ve alt işverenin incelenmesi gibi çalışmalar için katlanılan harcamaları olarak sayabiliriz (Gornand, 1998).

Üretimden önce, işletmelerin kaliteli bir üretim gerçekleştirebilmek için katlanacakları maliyetler aşağıda özetlenmiştir (Alıcı, 2007).

Kalite eğitim maliyetleri: Çalışanlar için kalite eğitim ihtiyaç analizinin yapılması, eğitimlerin gerçekleştirilmesi ile ilgili maliyetlerdir.

Tasarım kalitesi maliyetleri: Üretilecek ürünlerin, hammadde veya malzeme kalitelerinin ve tasarımlarının kontrol edilmesi neticesinde doğan maliyetlerdir.

Kalitenin denetlenmesi maliyetleri: İşletmede uygulanan kalite programları ile ilgili denetimlerin yapılmasından kaynaklanan maliyetlerdir.

Kalite ölçüm ve test donanımlarının tasarım ve geliştirilmesi maliyetleri: Üretilen ya da üretilecek ürünler için alınan hammaddelerin test edilmesi için uygun ölçüm ve test donanımlarının geliştirilmesi ile ilgili maliyetlerdir.

Kalite ölçüm ve test donanımlarının ayar ve bakım maliyetleri: Kaliteli üretimi denetlemek için kullanılan ölçüm ve test ekipmanlarının ayarlanması, bakımı ile ilgili maliyetlerdir. Üretimde kaliteyi denetlemek için kullanılan ölçüm test ve ekipmanlarının ayar ve bakımlarıyla ilgili maliyetlerdir.

Tedarikçi maliyetleri: Kaliteli üretimin başlangıç noktası tedarikçiden sağlanan girdilerin kalitesiyle başlar. Bu nedenle tedarikçi ile yapılan anlaşmalar, tedarikçi seçimi gibi konularda ortaya çıkabilecek maliyetlerdir.

Kalite planlaması faaliyetlerinin maliyetleri: İşletmede genel bir kalite politikası oluşturmak amacıyla yapılan faaliyetlerle ilgili maliyetlerdir. Bu kategoriye bu politikaları oluşturacak kişilerle temasa geçmenin maliyetleri de eklenebilir.

Raporlama maliyetleri: Kaliteli üretim adına yapılan faaliyetlerle ilgili hazırlanacak raporlar için katlanılan maliyetlerdir.

Kalite iyileştirme programlarının maliyetleri: Daha kaliteli bir üretim için yeni kalite programlarının geliştirilmesi, bulunması işletmeye uygulanması ya da mevcut kalite sisteminin iyileştirilmesi amacıyla yürütülen faaliyetlerin maliyetleridir.

2.3.2. Ölçme - Değerlendirme Maliyetleri

Ürünlerin kalite gereksinimlerine uygun olması için gerçekleştirilen ölçme faaliyetleri maliyetleridir. Fakat, kusurun belirlenmesinden sonra yapılan yeniden üretim, yeniden muayene gibi işlemlerin maliyetleri bu kapsamda değerlendirilmez. Üretilen ürünün üretim hattı boyunca, tasarım aşamasında belirlenen spesifikasyonlara uygun olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan ölçme, yürütme ve denetleme faaliyetlerinin harcamalarıdır. Örnek olarak; giriş muayenesi maliyetleri, muayene ve test maliyetleri, süreç kontrol faaliyetleri, deneme maliyetleri, izin maliyetleri, ölçü aletleri amortismanı vb. verilebilir (Gornand, 1998).

Ölçme maliyetlerini oluşturan kalemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz (Bozkurt, 2003).

Giriş muayenesi maliyetleri: Alt işverenden tedarik edilen yarı mamül, çeşitli alt montaj parçaları veya malzemelerin, üretime alınmadan önce muayene edilmeleri ve bu muayeneden dolayı muayeneyi gerçekleştiren çalışanların işgücü maliyetleri ile her türlü diğer giderleri (yol marafları, konaklama masrafları vs.) ile oluşan maliyetlerdir. Ayrıca kabul muayeneleri eğer örneklem yerine %100 kontrol şeklinde uygulanırsa muayene işi için harcanan zaman artacak, muayene esnasında kullanılacak malzemelerin miktarı artacak, bir de bu işler alt işverenin kendi işletmesinde yapılırsa bu maliyetler de giriş muayenesi maliyetlerine eklenecektir. Eğer muayene sonrasında malzeme, alt montaj parçası, yarı mamül veya ürün yeniden kullanılamaz hale geliyorsa, ürünü yeniden işleme tabi tutmak gerekiyorsa veya hurdaya ayrılacak ise bu maliyet kalemlerini de eklemek gerekmektedir.

Muayene ve test maliyetleri: Üretilecek ürünlerin muayenesi ve test edilmesi sırasında ortaya çıkan maliyetlerdir. Örnek olarak muayene yapan elemanların ücreti verilebilir. Ürünlerin test edilmesi ve muayenesi için kullanılan ekipmanların bakımı, ayarlanması v.b. gibi maliyetleri de bu gruba girmektedir. Ayrıca, üretilen ürünlerin muayenesi ve test edilmesi sırasında kullanılan veya harcanan malzemelerin maliyetleri de bu gruba dahildir.

Deneme maliyetleri: Kullanıcılar alacakları ürünleri kullanacakları yerlerde de test etmek isteyebilirler. Bu amaçla kullanıcılar deneme yapmak için numune veya test ürünleri üzerinde çalışabilirler. Bu tür test veya numune ürünlerin tüm üretim maliyetleri, ürünlerin sevk edilmesi dahil işçilik giderlerinden oluşan maliyet kalemidir.

İzin maliyetleri: Ürün üretilebilmek veya hizmet verebilmek için resmi kuruluşlardan, devlet dairelerinden alınması gereken tüm belge ve bu belgeleri almak için katlanılan maliyetlerdir.

Envanter kalite kontrol maliyetleri: Stokların kalitesinin kontrol edilmesi faaliyetlerinin doğurduğu maliyetlerdir. Stok ürünlerinin veya hammaddelerin kalite kontrol faaliyetleri için kullanılacak malzeme, donanım ve iş gücü maliyetlerini bu gruba dahil edebiliriz.

Arşivleme maliyetleri: Ürünlerin, müşterinin talep ettiği veya teknik standartlara uygun üretildiğini kanıtlamak için yapılan kontrol faaliyetlerinin sonuçlarının arşivlenmesi ve istenildiğinde müşteri veya denetçilere gösterilmesi üzere saklanması maliyetleri bu gruba dahildir.

2.3.3. İç Başarısızlık Maliyetleri

Bu maliyet kapsamında bulunan öğeleri ürünlerin daha tasarım aşamasındaki başarısızlıklar, yeniden işleme maliyetleri, satın alınan malzemelerdeki başarısızlıklar, hurdalardan doğan maliyetler, yeniden kontrol ve deneme işleri maliyetleri, hatalı veya hasarlı ürünler için indirim maliyetleri ve yanlış maliyetlendirme maliyetleri olarak sıralayabiliriz (Roden ve Dale 2000).

Hatalı üretim nedeni ile boş yere harcanan işçilik maliyetleri ve malzeme giderleri de bu maliyetler içerisinde bulunmaktadır. Bu maliyetlere örnek olarak; tamir veya yeniden üretme, arızaların giderilmesi, zaman kaybı v.b. maliyetler verilebilmektedir (Alkan, 2002).

İç başarısızlık maliyeti için alınan önlemler dış başarısızlık maliyetini de azaltacaktır. İç başarısızlık maliyetlerini oluşturan kalemleri şu şekilde sıralayabiliriz (Yükçü, 1999).

Hurda maliyetleri: Kalite ihtiyaçlarına uygun olmayan ve yeniden üretime girmesi anlamsız olan çeşitli malzemelerin doğurduğu maliyetlerdir. Bu maliyetler ile, ürünler ile malzeme maliyetleri yanında direk işçilik ve genel üretim giderleri maliyetlerine de katlanılmış olunmaktadır. Hurda malzemeler sembolik fiyatlar ile satılabileceği gibi doğrudan hammadde olarak yeniden üretime sevk edilebilir. Hurda malzeme tanımı ile sadece ömrünü tamamlayan ürünler veya malzemeler düşünülmemelidir.

Yeniden işleme ve tamir maliyetleri: Spesifikasyonlara uygun olmayan ürünlerin tamiri ya da yeniden işlenmesinin maliyetidir. Bu kapsamda yürütülen faaliyetlerde personel, malzeme, planlama ve stoklama maliyetleri dikkate alınarak toplam maliyet elde edilir (Ömürgönülşen, 2008).

Başarısızlık analiz ve muayene tekrarı maliyetleri: Bu maliyet kalemi, ürünlerin veya kalite sisteminin neden başarısız olduğunu belirlemek, ürün veya kalite kusurlarının kaynaklarını tespit ederek ortadan kaldırmak için gerekli olan maliyetlerdir (Montgomery, 2005). Eğer istenilen kalitede ürünler elde edilememiş ise, yeniden işleme veya üretimden sonra tekrar muayaneye tabi tutulmaları gerekebilir. Yeniden yapılan bu tekrar muayeneleri için işçilik, malzeme veya donanım maliyetleri doğmaktadır. Burada bu maliyetin diğer bir kalite maliyet kategorisi olan ölçme ve değerlendirme maliyetlerinden ayrılması gerekmektedir. Ölçme ve değerlendirme maliyetlerinde kullanılan test maliyetleri üretime ilk kez giren ürünlerin muayenelerini içerirken tekrar testi maliyeti kusurlu ürünlerin tekrar üretimden geçirilmeleri sonucunda kalite uygunluğunu saptamak amacı ile yapılan muayene ve testleri içerir (Yükçü, 1999).

Alt işveren hatasından doğan maliyetler: Alt işverenin ürünleri doğru zamanda, doğru miktarda, doğru adette veya doğru kalitede getirememesi ve ürünlerin gerektirdiği özelliklere sahip olmamasından dolayı karşımıza çıkan maliyetlerdir.

2.3.4. Dış Başarısızlık Maliyetleri

Ürünün üreticiden müşteriye transferinden sonra ortaya çıkan yetersiz kalite nedeniyle oluşan maliyetlerdir. Bu maliyetler ürünlerin üretim sisteminden çıktıktan sonra sevkiyat, teslimat, satış sonrası hizmetler ve servislerde meydana gelenak aksaklıklardan kaynaklanır. Dış başarısızlık maliyetlerinin müşterinin öznel değer yargılarını da içerdiği için ölçülebilmeleri güçtür. Şikayet araştırmaları, iade edilen ürünler, düzeltme maliyetleri, garanti talepleri, müşteri kaybı gibi maliyetler bukapsamda incelenir. Dış başarısızlık maliyetlerini oluşturan kalite maliyet kalemleri aşağıda görüldüğü şekilde sıralayabiliriz (Bozkurt, 2003):

Garanti maliyetleri: Satılan malların garanti süresinde ürünün değiştirilmesi ya da onarılmasını kapsayan maliyetler.

Kaybedilen satışların maliyetleri: Müşteri isteklerine cevap verememekten kaynaklanan yani kalite sorunları nedeniyle malların satış oranının azalması ve pazar payında meydana gelen kayıpların oluşturduğu maliyetlerdir.

Müşteri ile bağlantı kurma maliyetleri: Ürünle ilgili bir sorun olması durumunda o ürünü satın alan müşterilere ulaşmak için katlanılan maliyetlerdir.

Reddedilen ya da iade edilen ürünlerin maliyetleri: Müşteri ihtiyacına ya da isteklerine karşılayamamasından dolayı malların müşteriler tarafından işletmeye iade edilmesi ve kusurlu olan bu ürünler üzerinde yapılan çalışma maliyetleridir.

Ürün sorumluluğundan doğan maliyetler: İşletmelerin sorumluluğu ürün satıldıktan sonra da devam etmektedir. Bu kapsamda müşterinin üründen kaynaklanan zararının karşılanması ile ilgili maliyetlerdir.

Uzlaşmalar doğan maliyetler: Kusurlu olan ürünlerin müşteriye daha düşük satış fiyatından satılması gibi tanınan ayrıcalıklardan kaynaklanan maliyetlerdir.

Şikayet Maliyetleri: Müşterilerin şikayet nedenlerinin araştırılması ve hatalı ürün veya hatalı montajdan kaynaklanan fazladan yapılan ödemelerden oluşur ve çeşitli saha fonkisyonlarını içerir.

Tablo 2.1. Kalite Maliyet Etmenleri

Kategoriler	Kalite Maliyet Elementleri
Önleme	Kalite kontrol ve proses kontrol mühendisliği Tasarım ve geliştirme kontrol ekipmanları Kalite planlaması Kalite üretim ekipmanları-bakım ve kalibrasyon Test ve muayene ekipmanları-bakım ve kalibrasyon Tedarikçi kalite güvencesi Eğitim Yönetim, denetim, geliştirme
Değerlendirme	Laboratuar kabul testi Muayene ve test Prosesteki muayene (denetleyicisiz) Muayene ve test planı Muayene ve test materyalleri Ürün kalite denetimleri Test ve muayene verilerinin yeniden incelenmesi Yerinde performans testi İçsel test ve tahliye Malzeme ve yedek parçaların değerlendirilmesi Veri işleme, muayene ve test raporları
İç başarısızlık	Artıklar Yeniden çalışma ve tamir Sorun giderme ve hata analizi Yeniden denetleme ve test etme Artıklar ve tekrar çalışma Tedarikçi hataları Ruhsat ve izin değişikliği
Dış başarısızlık	Şikâyetler Ürün hizmet, sorumluluk Ürünlerin iadesi İade edilen malın tamiri Garanti yenileme Müşteri sadakati kaybı Satış kaybı

Kaynak: Çabuk Y. 2005. Kalite Maliyetleri ve Kalite Maliyetlerini Ölçmede Kullanılan Yöntemler

2.4. Proje Değerleme Ve Yatırım Analizi Yöntemleri

Bir proje yatırımının ekonomik açıdan faydalı olup olmayacağına karar verilirken, proje yatırımının sağlayacağı faydaları, yatırım için gerekli olan maliyetleri ve yatırım

gerçekleştirildikten sonra gerekli olan maliyetleri doğru olarak belirleyerek, daha projeye yatırım yapılmadan, proje fikir aşamasında iken yatırımın yapılabilir olup olmadığının, tüm maliyet ve faydaları dikkate alınarak belirlenmiş olması gerekmektedir.

Globalleşen pazarlar, artan müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin doğru ve zamanında karşılanabilmesi için, yatırım kararlarının doğru alınması mecburiyetini doğurmaktadır.

Tablo 2.2. Proje Değerleme Yöntemleri

BELİRLİLİK VARSAYIMI ALTINDA PROJE DEĞERLEME YÖNTEMLERİ		**BELİRSİZLİK VARSAYIMI ALTINDA PROJE DEĞERLEME YÖNTEMLERİ**
STATİK (TEK DÖNEMLİ, PARANIN ZAMAN DEĞERİNİ DİKKATE ALMAYAN) YÖNTEMLER	**DİNAMİK (ÇOK DÖNEMLİ PARANIN ZAMAN DEĞERİNİ DİKKATE ALAN) YÖNTEMLER**	
1.Denetim Yoluyla sıralama yöntemi 2.Yatırım karlılığı yöntemi 3.Yıllık ortalama nakit girişlerinin yatırım tutarına oranı yöntemi 4.G.Ö.S yöntemi 5.Maliyetlerin karşılaştırılması yöntemi 6.Karların karşılaştırılması yöntemi 7.Muhasebe verim oranı 8.Sermaye bütçesine yönelik yöntemler i)Bölünebilir yatırımlarda ii)Bölünemez yatırımlarda 9.Sermayenin ortalama Karlılığı yöntemi 10.Ortalama karlılık oranı	1. Net Bugünkü Değer 2. İç Verim Oranı 3. Karlılık endeksi yöntemi 4. Dinamik G.Ö.S. Yöntemi 5. Sermaye kısıtlaması yöntemi 6. MAPİ yöntemi ve yerine koyma yatırımları 7. Yıllık eşdeğer gider yöntemi 8. Fayda maliyet oranı yöntemi	1.Riske göre minimum verim oranının farklılaştırılması 2.Nakit girişlerinin risk derecesine göre farklılaştırılması 3.Olasılık dağılımı yaklaşımı 4.Karar ağacı yaklaşımı 5.Simülasyon (benzetim) 6.Belirlilik eşitliği (eşdeğer) 7.Beklenen değer-risk-yöntemi 8.Fayda birimleri yöntemi

Kaynak: www.baskent.edu.tr/~gurayk/islefinsermaye butcelemesi.doc

Arsa, tarla gibi sabit varlıklar dışında işletmenin sahip olduğu, diğer varlıklar zamanla yıpranacaklar ve ekonomik ömürlerini tamamlayacaklardır. Zamanın bir fonksiyonu olarak teknolojik eskime, demode olmanın yanı sıra kullanıma bağlı olarak yıpranma da ekonomik ömrü etkileyen diğer faktörlerdir. Proje değerleme ve yatırım analizi

yapılırken dikkat edilmesi gereken diğer bir husus da yukarıdaki kayıpların maliyetlendirilmesi yani amortisman hesabıdır.

$$D= (A-H)/n \quad (2.1)$$

D: Yıllık amortisman tutarı

A: Yatırım miktarı

H: Hurda değeri

n: Ekonomik ömür

Örneğin, 100.000 TL ye satın alınan bir sabit varlığın, ekonomik ömrü 7 yıl olsun. 7 yıl sonunda ise hurda değeri 30.000 TL olursa yıllık amortisman tutarı;

D= (100.000-30.000)/7 = 10.000 TL/yıl olur.

2.4.1. Geri Ödeme Süresi Yöntemi

Bir proje için harcanan paranın ne kadar sürede geri kazanabileceğini bulmak istediğimizde kullanabileceğimiz basit bir yöntemdir. Yıl bazında değişen kar miktarları ile hesaplama yapılacaksa, elde edilen karların hepsi toplanarak, proje için harcanan paraya yani yatırım tutarına eşit olduğu süreye kadar gidilir ve eşitliğin sağlandığı süre, geri ödeme süresi olarak isimlendirilir. Statik ve dinamik geri ödeme süreleri aşağıdaki formüller ile hesaplanır (Gedik, 2005):

$$YGS = (I – H)/(K+D) \quad (2.2)$$

YGS: Yatırım geri ödeme süresi

I: Projenin yatırım tutarı

H: Hurda değeri

K: Yıllık ortalama net kar

D: Yıllık amortisman payları

Enflasyon oranının yüksek olması durumunda paranın bugünkü değeri ile sonraki yıllardaki değerinin farklı olması kaçınılmazdır. Diğer taraftan enflasyon sıfır dahi olsa bir birim paranın getireceği faiz oranı hesaplandığı takdirde gelecekteki bir birim para şimdiki değeri ile aynı olmayacak, bugünkü değeri daha yüksek olacaktır. Örnek vermek gerekirse, bugün 100 TL ile alınabilecek bir ürün, bundan 10 yıl sonra yine 100 TL'ye alınamazken, 100 TL'nin de 10 yıl sonraki faizi ile beraber bugünkü değerine eşit olacağını düşünebiliriz. Dolayısı ile yatırım yapılırken paranın giriş ve çıkış zamanları arasındaki zaman farkı, paranın zaman değerini hesaba katmamızı mecbur kılmaktadır. Paranın zaman değerini dikkate alarak Eşitlik 2.1'i aşağıdaki gibi tekrar yazabiliriz (Kavak, 2012):

$$\sum_{t=0}^{m} \frac{I_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=m+1}^{p} \frac{NK_t + D_t}{(1+i)^t} \qquad (2.3)$$

NK_t: t yılındaki net kâr

D_t: t yılındaki amortisman

I_t : t yılındaki yatırım tutarı

p: Geri ödeme süresi

m: Projenin montaj süresi

i: İndirgeme oranı

2.4.2. Ortalama Karlılık Yöntemi

Bu yöntem ile yatırım yapılacak iki projenin kıyaslaması, basit muhasebe verilerine dayanarak kolaylıkla yapılabilir. Ortalama karlılık oranı yüksek çıkan proje daha karlı bir proje olacaktır. Ortalama karlılık oranları aşağıdaki şekilde hesaplanabilir (Algüner, 2015):

$$\text{Sermayenin Ortalama Karlılık Oranı} = \frac{\text{Yıllık Net Kar}}{\text{Yatırım Tutarı}} \qquad (2.4)$$

Yatırımın ekonomik ömrü içinde sağlayacağı kar yıllar itibarıyla farklılık gösteriyorsa, anılan oran aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\text{Sermayenin Ortalama Karlılık Oranı} = \frac{\text{Ortalama Net Kar}}{\text{Ortalama Yatırım Tutarı}} \tag{2.5}$$

$$\text{Ortalama Net Kar} = \frac{\text{Yatırımdan sağlanacak toplam kâr}}{\text{Yatırımın ekonomik ömrü}} \tag{2.6}$$

$$\text{Ortalama Yatırım Tutarı} = (\text{Çalışma sermayesi} + \text{Hurda değer}) + \frac{\text{Sabit yatırım tutarı} - \text{Hurda değer}}{2} \tag{2.7}$$

2.4.3. Net Bugünkü Değer Yöntemi

Net bugünkü değer analizi ile, bir yatırımın farklı zaman dilimleri boyunca fakat ekonomik ömür içerisinde, nakit girişlerinin ve yatırım giderlerinin, bir indirgeme oranı ile bugün için hesaplanması ve nakit akışlarının bugüne göre indirgenmesi sağlanmaktadır. Tek bir yatırım için hesap yapılacaksa bu değerin sıfırdan büyük olması yeterlidir. Fakat iki proje kıyaslanıyorsa, sonucu büyük çıkan yatırım daha değerlidir. Net bugünkü değer aşağıdaki formülde görüleceği gibi hesap edilebilir (Kavak, 2012):

$$\text{NBD} = \frac{S}{(1+i)^{n+m}} + \sum_{t=m+1}^{m+n} \frac{NNG_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{I_t}{(1+i)^t} \tag{2.8}$$

NBD: Net bugünkü değer

NNG_t: t yılındaki net nakit girişi (artık deger hariç)

I_t: t yılındaki yatırım tutarı

N: Tesisin ekonomik ömrü

m: Projenin inşaat süresi

i: İndirgeme oranı

S: Tesisin ekonomik ömrü sonunda (varsa) artık değeri

2.4.4. İç Verim Oranı Yöntemi

İç verim oranı, yatırımın gerektireceği para çıkışı ile, ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı para girişini eşit kılan iskonto oranı olarak tanımlanmaktadır. İç verim oranı, bir yatırımın, NBD'ini sıfıra eşitleyen iskonto oranı olarak da tanımlanmatadır ve aşağıdaki şekilde hesap edilebilir (Cesur, 2006):

$$\text{IRR} = \sum_{t=0}^{m} \frac{F_t}{(1+r)^t} = C_t \qquad (2.9)$$

IRR: İç verim oranı

r: İç verim oranı

C_t: Yatırım tutarı

F_t: Yıllık net nakit akışları

2.4.5. Fayda/Masraf Oranı Yöntemi

Yatırım yapılacak olan projenin belirli bir iskonto oranı için ekonomik ömrü boyunca sağlayacağı faydaların bugünkü toplamlarının yapılan masrafların bugünkü toplamına oranlanması ile bulunur. Eğer iki proje kıyaslanıyorsa sonucu büyük çıkan proje tercih edilir, tek bir yatırım kararı için ise sonucun 1'den büyük olması şartı aranır ve aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\frac{\text{Fayda}}{\text{Maliyet}}\text{Oranı} = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{F_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{I_t}{(1+i)^t}} \qquad (2.10)$$

F_t: Nakit girişi

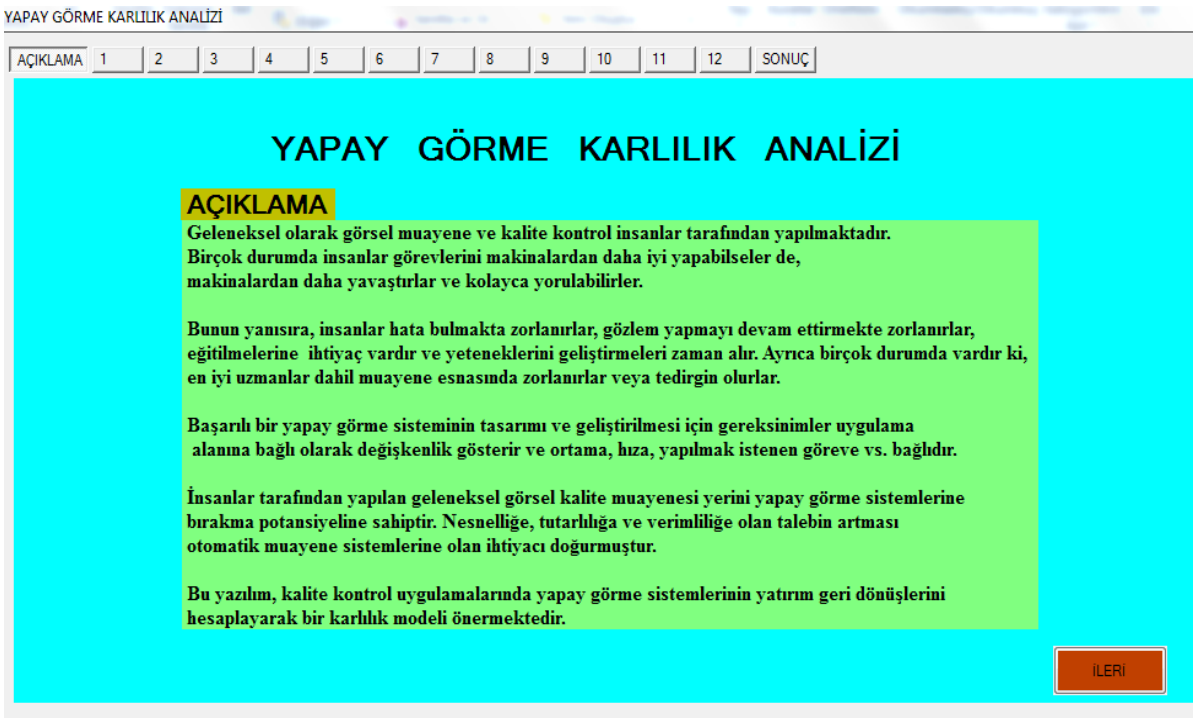
I_t: Nakit çıkışı

i: iskonto oranı

t: yıl

3. BULGULAR

Üretim yapan işletmeler için, ürünlerin kalite kontrol işlemleri açısından büyük bir kolaylık sağlayan yapay görme sistemlerinin satın alınmasından önce, sistemin ne zaman kendi maliyetini çıkarabileceğini hesaplayabilmek, bu sistemlere yatırım yapacak olan işletmeler açısından önemlidir. Bu amaçla tasarlanan, karlılık analizi yazılımı için önerilen modelin temelini oluşturan, kalitesizlik maliyetlerini bulabilmek için XXX işletmesinde cevaplanılan sorular ve formülleri aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.



Şekil 3.1. Yazılımın Başlangıç Ekran Görüntüsü

3.1. İç Başarısızlık Bulguları

Aşağıdaki soruları kullanarak oluşturulacak formüllerde sırası ile her madde (soru), C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8 harfleri ve alt indisleri ile simgelenecektir. Örneğin 1. soru olan hurda maliyetleri ile ilgili soru C harfi ve 1 alt indisi ile formüllerde kullanılacaktır.

Yapay görme sistemi kurmak istediğiniz hattın ürünleri için;

1. Hurdaya ayrılan fakat yeniden işlenebilecek malzemelerin, yeniden işleme maliyeti bir ayda ortalama olarak kaç TL'dir? (bu maliyetin içerisinde; personel, malzeme, stoklama maliyet kalemleri dâhil edilmelidir)

2. Bir ayda ortaya çıkan tüm uygunsuzlukların sebeplerinin tespit edilmesi ve bu sebeplerin ortadan kaldırılmasına yönelik tüm analiz ve düzeltici faaliyetlerin yarattığı maliyetler toplam TL olarak ne kadardır?

3. Bir ayda yeniden işleme ve tamir edilmek sureti ile yeniden kazanılmaya çalışılan ürünler üzerinde yapılan muayene ve testlerin maliyetleri TL olarak ne kadardır? (Bu maliyet içerisinde muayene, test ve deneyler için personelsarf malzemesi, elektrik vb. maliyetler dâhil edilmelidir)

4. Hatalı ürün üretmekten dolayı hattın duruşundan kaynaklanan maliyetler ortalama olarak bir ayda toplam kaç TL'dir?

5. Yapay görme sistemi ile Yeniden İşleme Maliyetlerinin % kaçını önleyebilirsiniz?

6. Yapay görme sistemi ile Analiz ve Düzeltici Faaliyetlerin Yarattığı Maliyetlerin % kaçını önleyebilirsiniz?

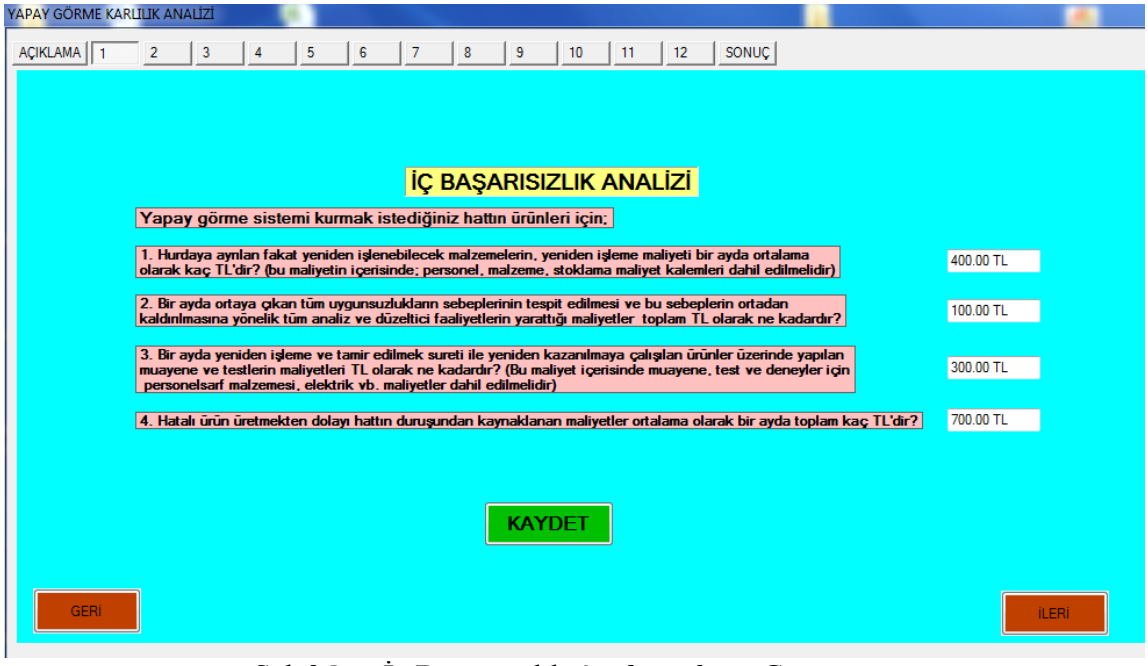
7. Yapay görme sistemi ile Muayene ve Testlerin Maliyetlerinin % kaçını önleyebilirsiniz?

8. Yapay görme sistemi ile hattın duruş maliyetlerinin % kaçını önleyebilirsiniz?

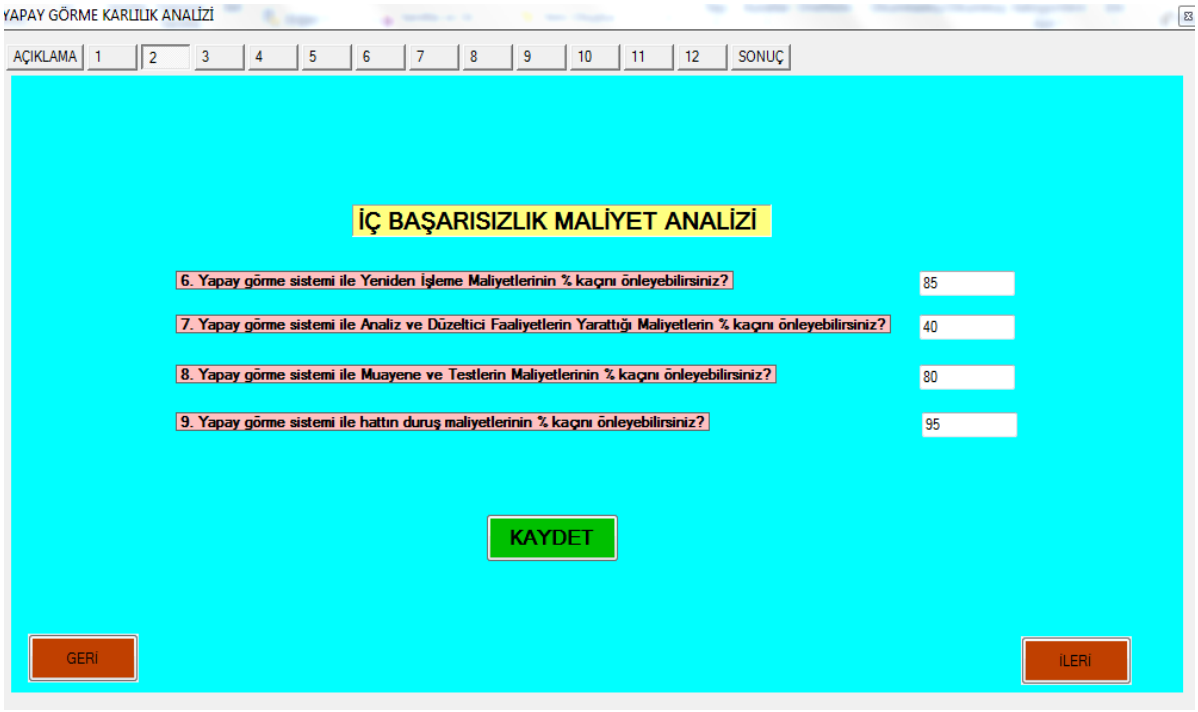
İç başarısızlık maliyetleri önlenerek, yapay görme sistemi ile elde edilen toplam aylık kâr aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$M = \sum_{i=1}^{4} C_i * C_{i+4} \qquad (10.1)$$

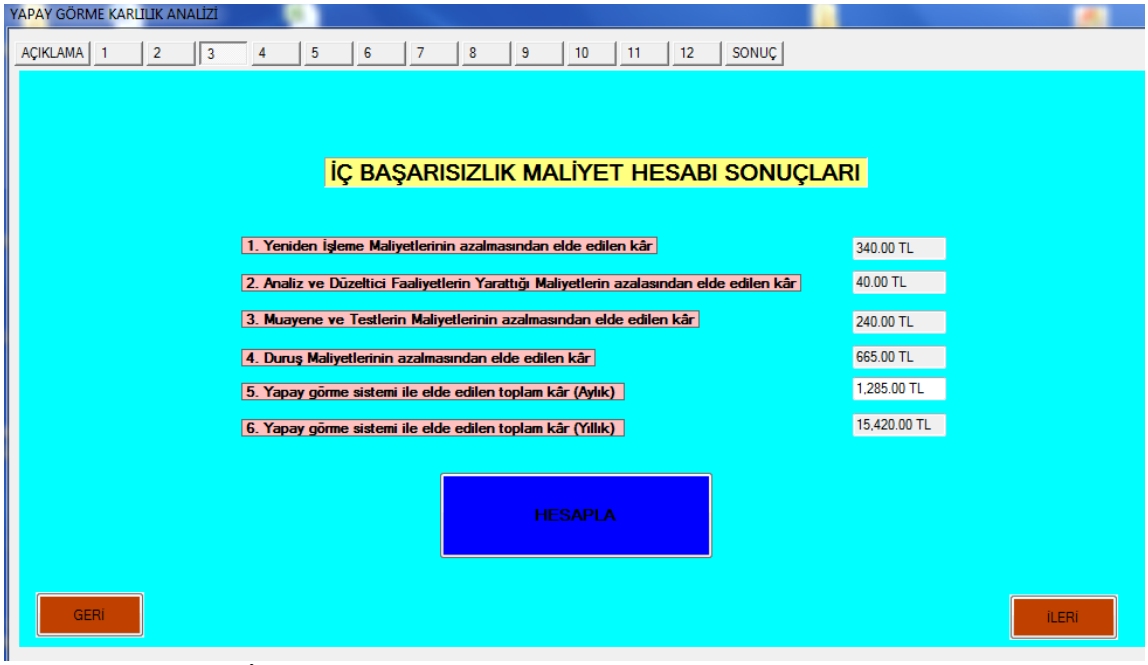
M: Toplam iç başarısızlık maliyetleri



Şekil 3.2. İç Başarısızlık Analizi Ekran Görüntüsü



Şekil 3.3. İç Başarısızlık Maliyet Analizi Ekran Görüntüsü



Şekil 3.4. İç Başarısızlık Maliyet Hesabı Sonuçlarının Ekran Görüntüsü

3.2. Dış Başarısızlık Bulguları

Aşağıdaki soruları kullanarak oluşturulacak formüllerde sırası ile her madde (soru), D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6, D_7, D_8,…D_{14} harfleri ve indisleri ile simgelenecektir. Örneğin 1. soru olan müşteri şikâyetleri ile ilgili soru D harfi ve 1 alt indisi ile formüllerde kullanılacaktır.

Yapay görme sistemi kurmak istediğiniz hattın ürünleri için;

1. Hatalı ürün üretmekten doğan müşteri şikâyetlerini araştırmak, önlemek ve gidermek için bir ayda toplam kaç TL maliyet doğmaktadır?

2. Hatalı ürünlerin müşteriden geri dönmesi durumunda, malzeme, işçilik, lojistik, vergi ve diğer tüm maliyetler dâhil bir ayda toplam kaç TL maliyet doğmaktadır?

3. Hatalı ürünlerin servis, bakım maliyetleri açısından bir ayda toplam kaç TL maliyet doğmaktadır?

4. Garanti kapsamındaki hatalı ürünlerin değiştirilmesi veya onarılmasını için bir ayda ortalama maliyet kaç TL'dir?

5. Kusurlu olan ürünlerin müşteriye daha düşük satış fiyatından satılması gibi tanınan ayrıcalıklardan kaynaklanan maliyetler bir ayda ortalama kaç TL'dir?

6. Kalite sorunları nedeniyle ürünlerin satış oranının azalması ve pazar payında meydana gelen kayıpların oluşturduğu maliyetler bir ayda ortalama kaç TL'dir?

7. Kalite sorunları nedeniyle müşteriye ulaşılması için katlanılan maliyetler bir ayda ortalama kaç TL'dir?

8. Yapay görme sistemi ile Şikâyet Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

9. Yapay görme sistemi ile İade Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

10. Yapay görme sistemi ile Servis Hizmeti Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

11. Yapay görme sistemi ile Garanti Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

12. Yapay görme sistemi ile Uzlaşma Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

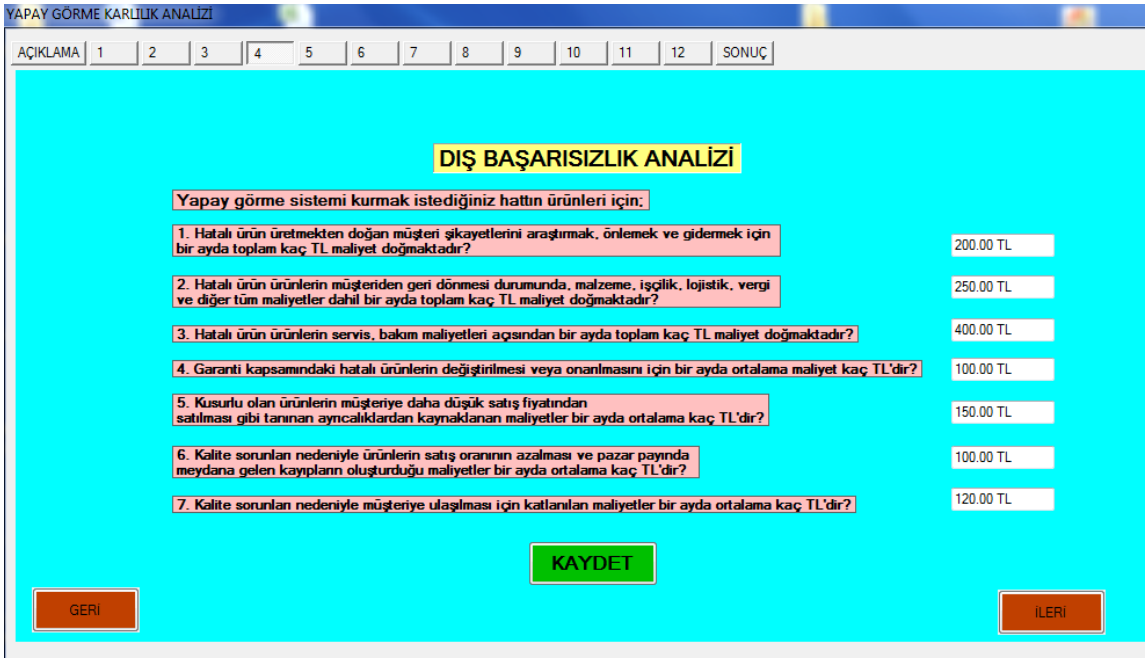
13. Yapay görme sistemi ile Pazar Payı Kaybı Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

14. Yapay görme sistemi ile Ulaşma Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

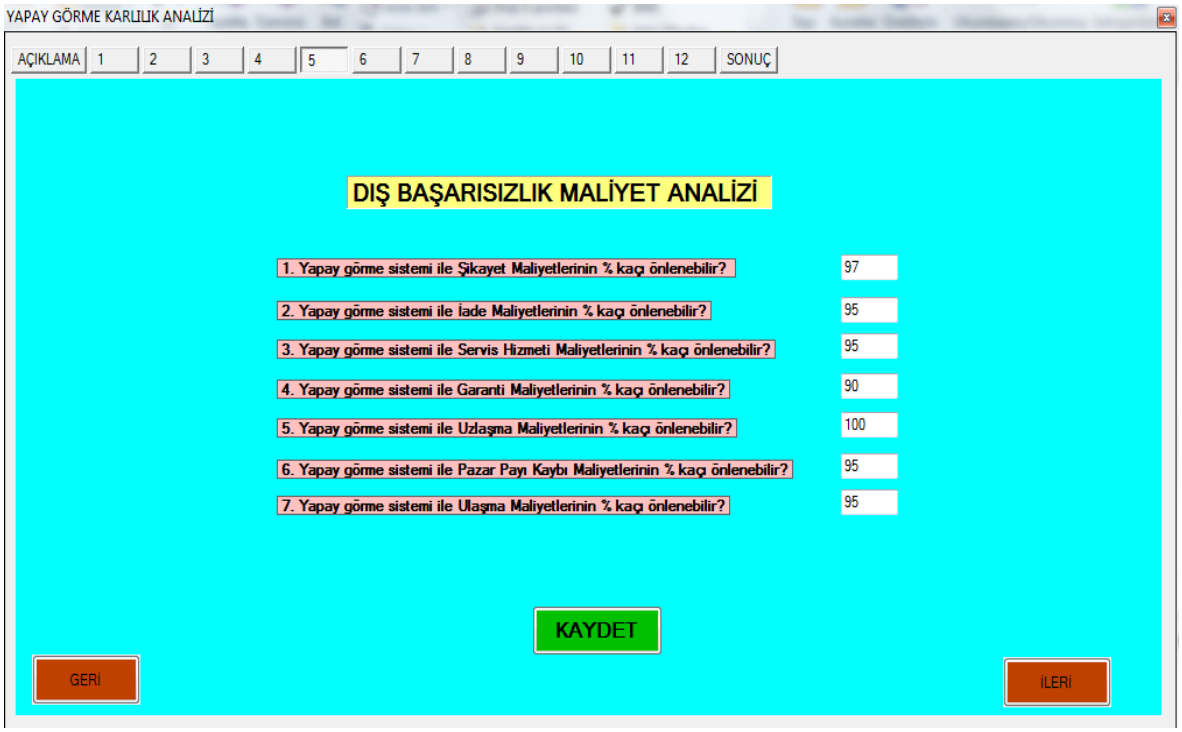
Dış başarısızlık maliyetleri önlenerek, yapay görme sistemi ile elde edilen toplam aylık kâr aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$N = \sum_{i=1}^{7} D_i * D_{i+7} \qquad (10.2)$$

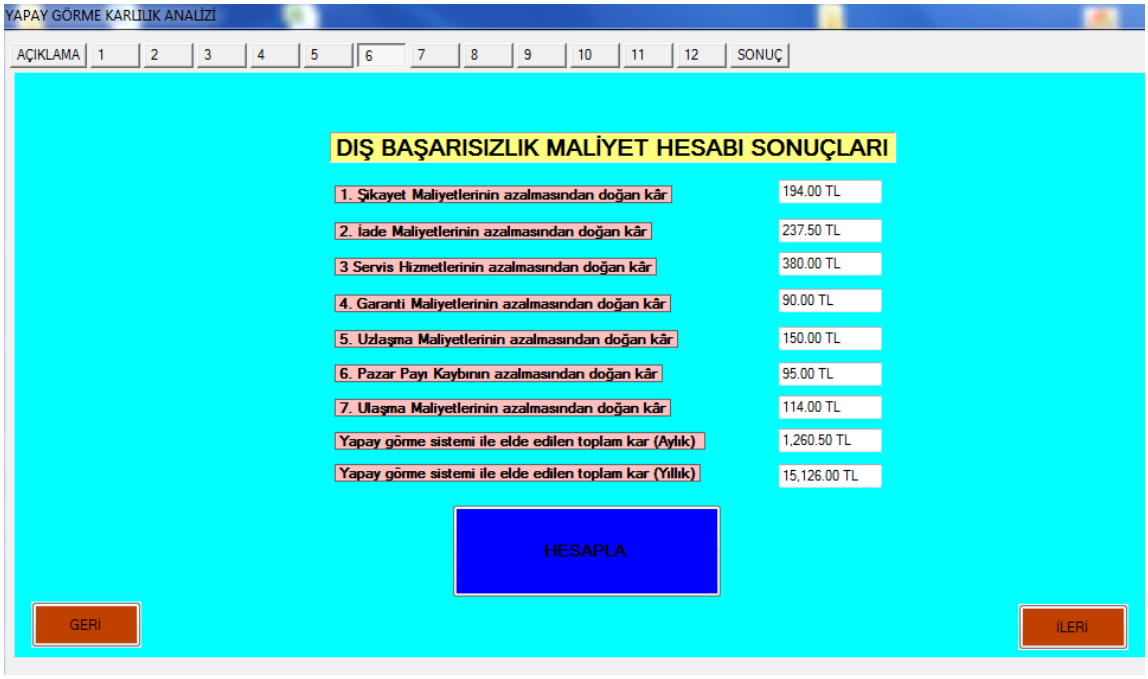
N: Toplam dış başarısızlık maliyetleri



Şekil 3.5. Dış Başarısızlık Analizi Ekran Görüntüsü



Şekil 3.6. Dış Başarısızlık Maliyet Analizi Ekran Görüntüsü



Şekil 3.7. Dış Başarısızlık Maliyet Hesabı Ekran Görüntüsü

3.3. Önleme Maliyetleri Bulguları

Aşağıdaki soruları kullanarak oluşturulacak formüllerde, sırası ile her madde (soru), A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8,… A_{14} harfleri ve alt indisleri ile simgelenecektir. Örneğin 1. soru olan kalite politikası ile ilgili soru A harfi ve 1 alt indisi ile formüllerde kullanılacaktır.

Yapay görme sistemi kurmak istediğiniz hattın ürünleri için;

1. Genel bir kalite politikası oluşturma faaliyetleri bir ayda toplam kaç TL maliyet doğurmaktadır?

2. Hammade ve mamullerin kalite ölçümlerinin yapılabilmesi amacı ile donanım geliştirilmesi için bir ayda toplam kaç TL maliyet doğmaktadır?

3. Üretilecek ürünlerin tasarım doğrulama faaliyetleri için bir ayda toplam kaç TL maliyet doğmaktadır?

4. Hammadde, yarımamul ve mamullerin kalite kontrolünde kullanılan ekipmanların ayar, bakım ve servisi için bir ayda ortalama kaç TL maliyet doğmaktadır?

5. Kalite ile ilgili tüm eğitim faaliyetlerinin programlanması ve uygulanması için bir ayda ortalama kaç TL maliyet doğmaktadır?

6. Hammadde ve mamullerin kalite kontrol sonuçları ve bu sonuçların yorumlanması dahil, tüm raporlama faaliyetleri için maliyetler bir ayda ortalama kaç TL'dir?

7. Kalite iyileştirme faaliyetlerinin maliyetleri bir ayda ortalama kaç TL'dir?

8. Yapay görme sistemi ile Kalite Planlaması Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

9. Yapay görme sistemi ile Kalite Ölçüm ve Test Donanımlarının Tasarım ve Geliştirilmesi Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

10. Yapay görme sistemi ile Tasarım Doğrulama Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

11. Yapay görme sistemi ile Ölçüm ve Test Donanımı Ayar, Bakım Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

12. Yapay görme sistemi ile Kalite Eğitim Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

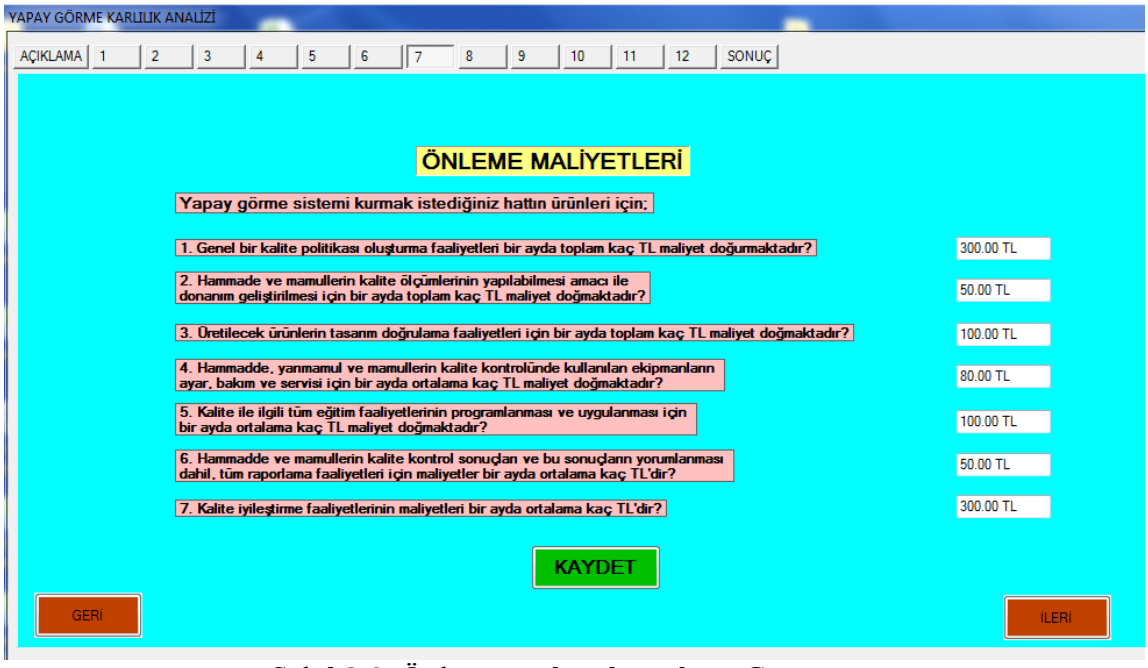
13. Yapay görme sistemi ile Raporlama Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

14. Yapay görme sistemi ile İyileştirme Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

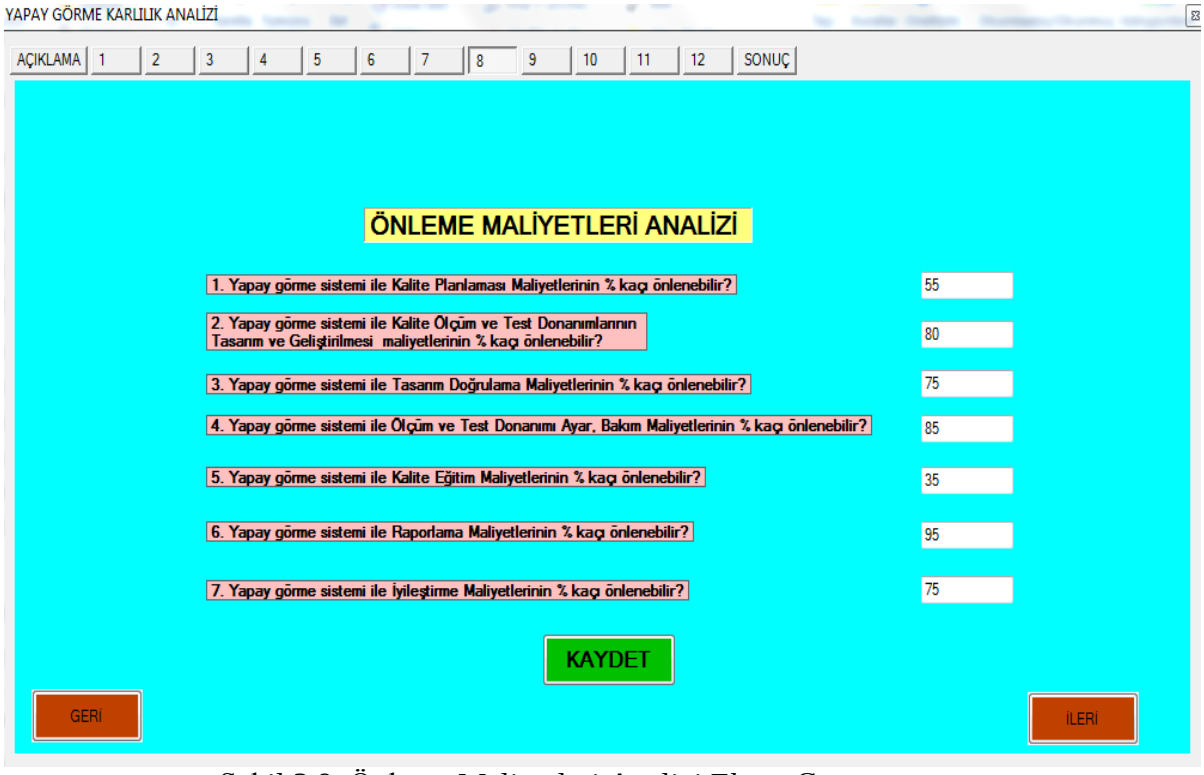
Önleme maliyetleri önlenerek, yapay görme sistemi ile elde edilen toplam aylık kâr aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$K = \sum_{i=1}^{7} A_i * A_{i+7} \qquad (10.3)$$

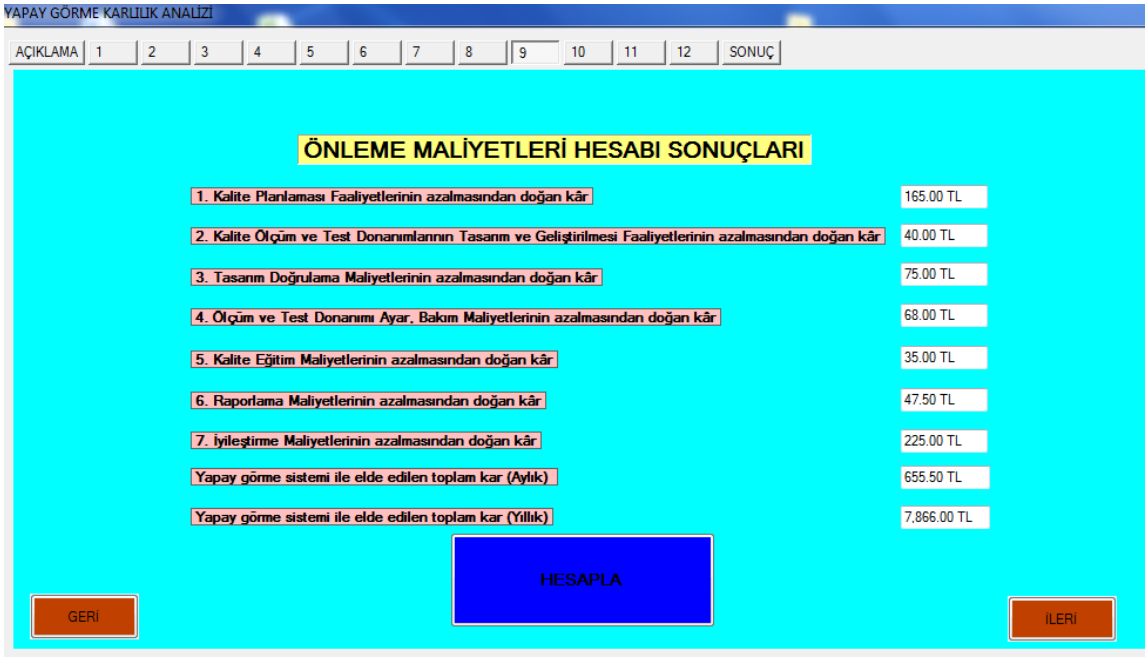
K: Toplam önleme maliyetleri



Şekil 3.8. Önleme Maliyetleri Ekran Görüntüsü



Şekil 3.9. Önleme Maliyetleri Analizi Ekran Görüntüsü



Şekil 3.10. Önleme Maliyetleri Ekran Görüntüsü

3.4. Ölçme Maliyetleri Bulguları

Aşağıdaki soruları kullanarak oluşturulacak formüllerde sırası ile her madde (soru), B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, B_6, B_7, B_8 harfleri ve alt indisleri ile simgelenecektir. Örneğin 1. soru olan girdi maliyetleri ile ilgili soru B harfi ve 1 alt indisi ile formüllerde kullanılacaktır.

Yapay görme sistemi kurmak istediğiniz hattın ürünleri için;

1. Malzeme, montaj parçası veya diğer tüm girdi malzemelerinin kalite kontrolü için bir ayda toplam kaç TL maliyet doğmaktadır?

2. Üretilen ürünlerin muayenesi için bir ayda toplam kaç TL işçilik maliyeti doğmaktadır?

3. Üretilecek ürünlerin muayenesi esnasında tüketilen malzemelerden dolayı bir ayda toplam kaç TL maliyet doğmaktadır?

4. Stoklarda bekletilen ürünlerin/yarı mamullerin veya hammaddenin kalite kontrolü için bir ayda ortalama kaç TL işçilik maliyeti doğmaktadır?

5. Yapay görme sistemi ile Giriş Muayene Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

6. Yapay görme sistemi ile Ürün Muayene Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

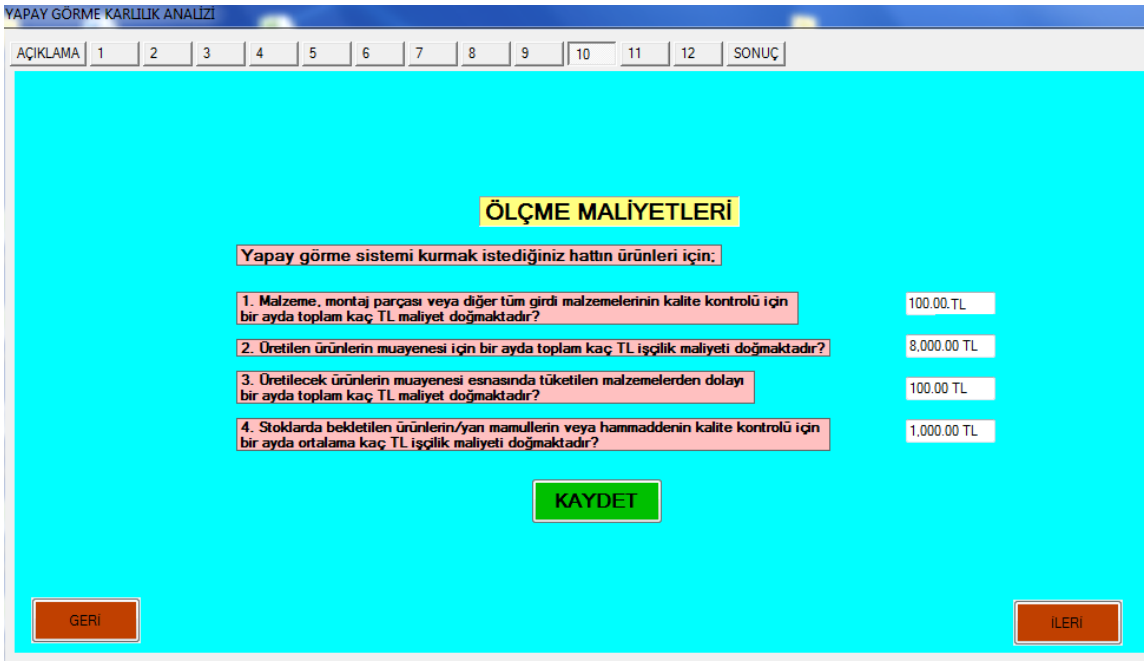
7. Yapay görme sistemi ile Tüketilen Malzeme Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

8. Yapay görme sistemi ile Stok Kalite Kontrol Maliyetlerinin % kaçı önlenebilir?

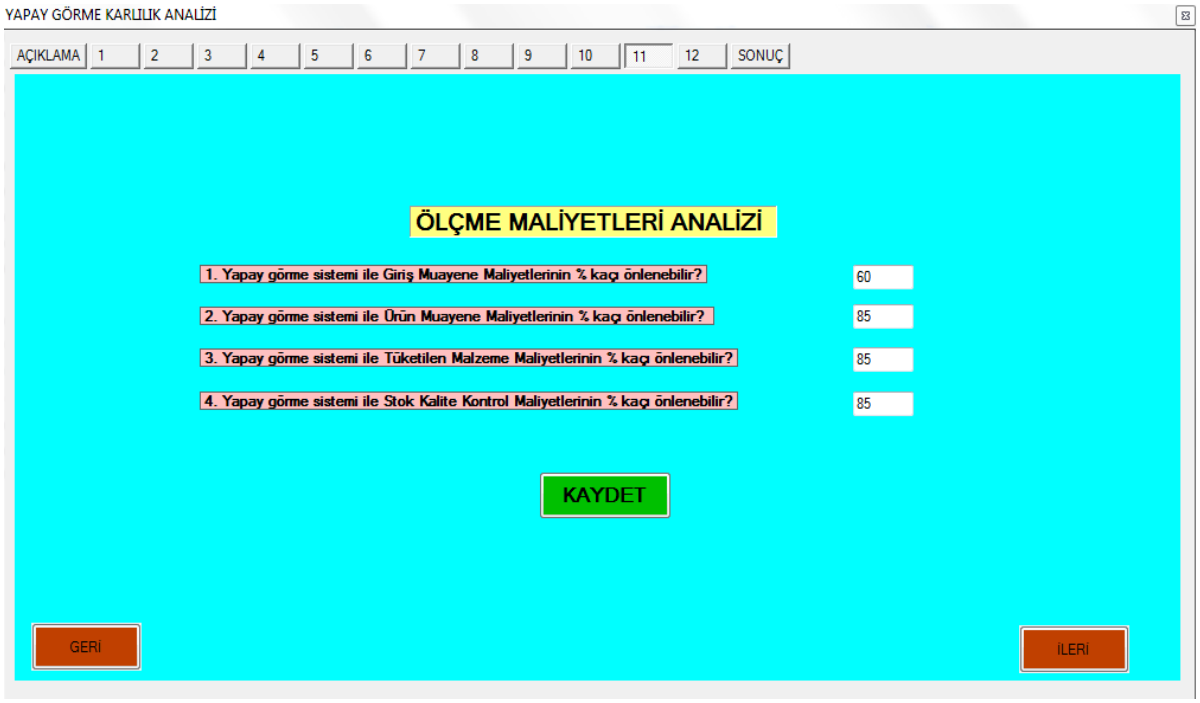
Ölçme maliyetleri önlenerek, yapay görme sistemi ile elde edilen toplam aylık kâr aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$L = \sum_{i=1}^{4} B_i * B_{i+4} \qquad (10.4)$$

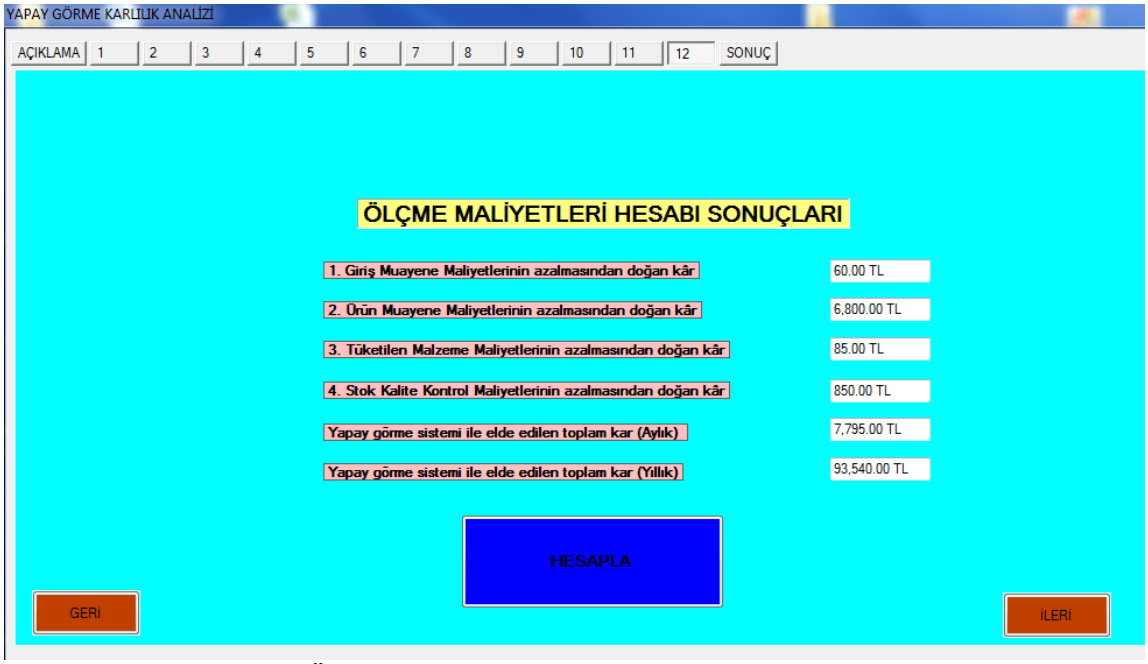
L: Toplam ölçme maliyetleri



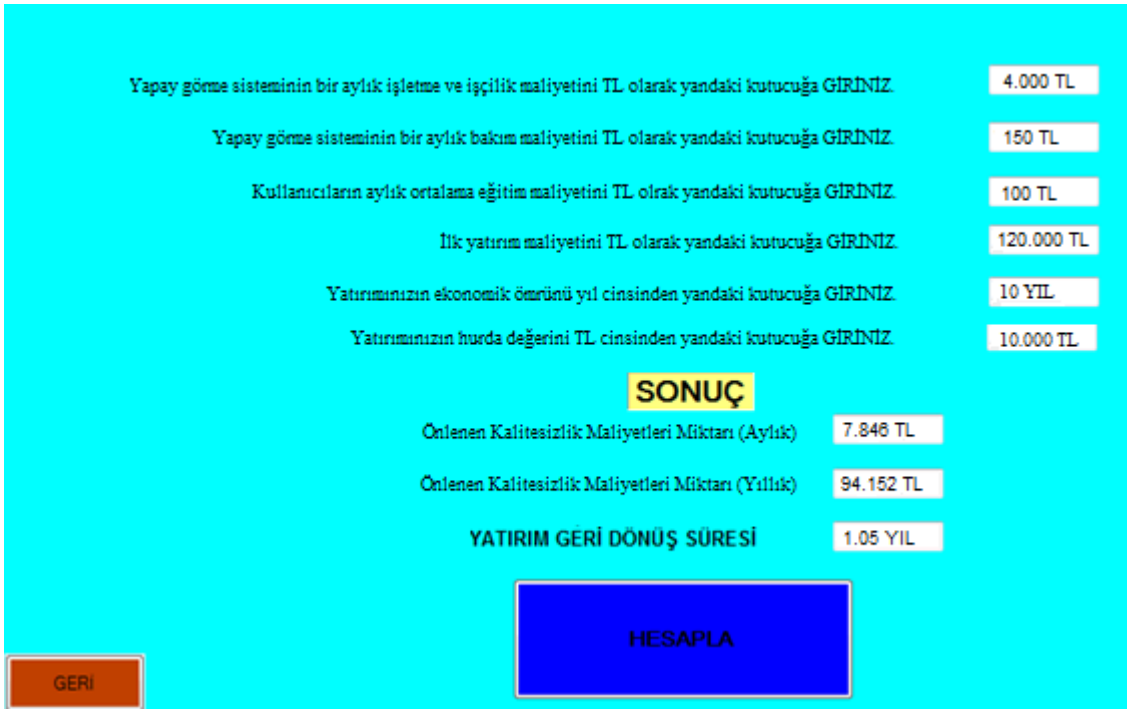
Şekil 3.11. Ölçme Maliyetleri Ekran Görüntüsü



Şekil 3.12. Ölçme Maliyetleri Analizi Ekran Görüntüsü



Şekil 3.13. Ölçme Maliyetleri Hesap Sonuçları Ekran Görüntüsü



Şekil 3.14. Yatırım Karlılık Analizi Hesap Sonuçları Ekran Görüntüsü

3.5. Örnek Uygulamada Kalitesizlik Maliyetleri Hesap Sonuçları ve Yorumlar

Tüm kalitesizlik maliyetlerinin önlenmesi imkansız olmasına rağmen, yeterli ve gerekli miktarda soruyu doğru birimlere sorduğumuzda, hemen hemen tüm kalitesizlik maliyet kalemlerini bulabilmekteyiz. Uygulama yapılan işletmede, ilgili her birim ile maliyet analizi çalışması sonucu elde edilen veriler doğrultusunda, yapay görme sistemi kurulan hat için kalitesizlik maliyetleri aşağıdaki şekilde bulunmuştur.

Toplam önleme maliyetleri: 655 TL

Toplam ölçme ve değerleme maliyetleri: 7.795 TL

Toplam dış başarısızlık maliyetleri: 1.260 TL

Toplam iç başarısızlık maliyetleri: 1.285 TL

Kalitesizlik Maliyetlerinin Önlenmesinden Doğan Aylık Tasarruf: 7.846 TL

Yukarıdaki hesaplanan değerlerden çeşitli işletme maliyetlerinin de çıkarılması ile aylık net tasarruf bilgisine ulaşılabilmektedir. Önerilen yazılım ile bu bilgiler değerlendirilerek, yapay görme sistemlerine yatırım yapmak isteyen işletmeler için aşağıdaki şekilde başabaş noktası analizi yapmak mümkündür:

E_1: Yapay Görme Sisteminin Bir Aylık İşletme ve İşçilik Maliyetleri

E_2: Yapay Görme Sisteminin Bir Aylık Bakım Maliyetleri

E_3: Kullanıcıların Aylık Ortalama Toplam Eğitim Maliyetleri

E_4: İlk Yatırım Maliyeti

ANT: Kalitesizlik Maliyetlerinin Önlenmesinden Sağlanan Bir Yıllık Toplam Tasarruf

YGS: Yatırım Geri Dönüş Süresi

H: Hurda Bedeli

n: Ekonomik Ömür

D: Yıllık Amortisman Tutarı

olursa, formül (2.1)'den de yararlanarak kalitesizlik maliyetlerinin önlenmesinden doğan aylık tasarruf miktarı aşağıdaki formüller ile hesaplanabilir:

$$D= (E_4-H)/n \tag{10.5}$$

$$ANT = K + L + M + N - E_1 - E_2 - E_3 \tag{10.6}$$

$$YGS = (E_4-H)/(ANT+D) \tag{10.7}$$

3.5.1. Yatırım Geri Ödeme Süresinin Hesaplanması

Yapay görme sistemi ile yapılan kalite kontrol faaliyetleri ile üretim öncesi ve sonrası ortaya çıkan kalitesizlik maliyetleri ile ürünün müşteriye ulaşması ve geribildirim alınması ile neticelenen kalitesizlik maliyetlerinin tamamında önemli oranlarda azalmalar görülmektedir. XXX işletmesinde, tek hat üzerine kurulan yapay görme

sistemi ile hatalar önceden belirlenerek veya önlenerek, hatalı ürünlerin müşteriye ulaşmasının önüne geçilmiştir. Bu sayede müşteri memnuniyetsizliği ve şikayetlerinde önemli ölçüde azalma görülmüştür. Örnek olarak, ortalama her ay 200 TL şikayet maliyetlerini önlemek için çaba sarf eden işletmenin, yapay görme sistemi ile müşteri şikayetlerinin tamamına yakınını önleyebildiği görülmüştür. Dolayısı ile müşteriden geri dönen, iade edilen ürünlerin miktarı azalmış, bunun sonucu olarak servis, bakım ve onarım maliyetleri önemli oranlarda azalmış ve pazar kaybı riskleri minimuma indirilmiştir.

120.000 TL ilk yatırım maliyeti ile tek bir hat üzerine kurulan yapay görme sisteminin bandında, otomatik muayeneye geçmeden önce 3 kalite kontrol işçisi tarafından ürünlerin muayenesi gözle rastgele örneklemle hattan çeşitli zamanlarda örnek alınması ile yapılmaktaydı. Hat üzerine kurulan yapay görme sistemi ile ekran başında çalışan, sadece veri kontrolü ve karşılaştırması yapan bir operatörün eğitilmesi ile kalite kontrol, muayene işlemi kişilerin yeteneğinden bağımsız hale getirilerek ürünlerin %100 kontrolü yapılmış olmaktadır. Yapay görme sistemi için ilk kuruluş aşamasında eğitilen bu personelin yıllık ortalama eğitim gideri 100 TL, sistemin yıl içerisinde ortalama aylık bakım ve güncelleme bedeli ise 150 TL olmaktadır. Operatörün tüm vergiler dahil işletmeye maliyeti aylık 4.000 TL dir.

Tüm kalitesizlik maliyetlerinin miktarları ve hangi oranlarda önlenebilecekleri yukarıdaki ekran görüntülerinden anlaşılabilmektedir. Bu maliyetlerin tam ve doğru olarak belirlenebilmesi amacı ile işletmenin hemen hemen tüm departman ve birimleri ile işbirliği yapılarak, geçmişe dönük maliyet analizi çalışmaları yapılmıştır. Ürünün tasarım aşamasından başlayarak, üretim öncesi, üretim esnası, üretim sonrası, müşteriye ulaşma süreci ve müşteri geribildirimleri dahil incelenerek detaylı maliyet analizleri yapılmıştır. Örnek olarak arge departmanı ile tasarım maliyetleri üzerine çalışılmış, üretim ve kalite departmanları ile hurdalar, yeniden işlemeler veya makine kesintileri ile hattın durması maliyetleri araştırılmıştır.

Sonuç olarak, kalitesizlik maliyetlerinin önlenmesinden doğan aylık net tasarruf 7.846 TL olmakla beraber, yatırım geri ödeme süresi yaklaşık 1 yıl olarak hesap edilmiştir.

3.5.2. Net Bugünkü Değerin Hesaplanması

Formül (2.8)'den yararlanacağımız için tekrar yazarsak;

$$\text{NBD} = \frac{S}{(1+i)^{n+m}} + \sum_{t=m+1}^{m+n} \frac{\text{NNG}_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^{n} \frac{I_t}{(1+i)^t} \qquad (2.8)$$

NBD: Net bugünkü değer

NNG_t: t yılındaki net nakit girişi (artık deger hariç)

I_t: t yılındaki yatırım tutarı

n: Tesisin ekonomik ömrü

m: Projenin inşaat süresi

i: İndirgeme oranı

S: Tesisin ekonomik ömrü sonunda (varsa) artık değeri

Uygulamamızda proje inşaat süresi birkaç gün ile sınırlı olduğu için m=0 olarak alınmıştır.

$$\text{NBD} = \frac{10000}{(1+0{,}15)^{10}} + \sum_{t=1}^{10} \frac{94.152}{(1+0{,}15)^{10}} - \sum_{t=0}^{10} \frac{4250}{(1+0{,}15)^{10}}$$

NBD > 0 olduğu için proje kabul edilebilir, bu yatırım yapılabilir ve proje yıllık %15 üzerinde kar getirecektir sonucu çıkmaktadır.

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Kalite kontrol faaliyetlerinden doğan zaman, malzeme ve işgücü gibi kayıpların, kaynakların verimliliğini ve üretkenliği düşürdüğü, üretim yapan işletmelerin en büyük sorunlarından birisi olduğu gözlemlenmektedir. Her faaliyete özgü olarak tasarımı gerçekleştirilecek yapay görme sistemleri ile bu tür kayıpların önüne geçilmesi mümkündür. Fakat işletmelerin böyle bir yapay görme teknolojisine geçişleri için formülize edilmiş yatırım geri dönüşünü hesaplayarak karlılık analizi yapan bir gelişmiş model yoktur. Dolayısı ile işletmelerin üretim, faaliyet, yatırım gibi konularda kararlar alırken yararlanabilecekleri bir karlılık analizi modelinin önerilmesi ihtiyacı doğmuştur.

Bilim ve teknoloji alanında genç bir disiplin olan yapay görme teknolojisi, ülkemizde de önemi giderek artan bir sanayi aracı olmuştur. Ürün muayenesinde, insan gücü yerine dijital kamera ve görüntü işleme aracılığıyla, muyanelerin otomatikleştirilmesi ve ürünlerin %100 kontrolünü gerçekleştirmesi, kontrol sonucunda elde ettiği verileri saklayabilmesi ve istatistiksel anlamda anlamlı bilgilere dönüştürebilmesi sistemi vazgeçilmez kılmaktadır. Yapay görme, endüstriyel alanın gelişmesinde büyük bir verimlilik ve başarı ortaya çıkarmıştır. Bunlara ilave olarak, maliyetleri azaltması, insan gücü kullanımını azaltması, gelişen teknoloji sayesinde doğruluk ve güvenirliğinin önemli bir seviyeye gelmiş olmasından dolayı, ürün muayenesi ve analizi alanlarında önemli bir araç haline gelmiştir.

Yapay görme sistemlerinde, kameralar yorulmayacağı, hastalanmayacağı veya dikkatleri dağılarak hata yapamayacakları için kontrol altına alınmış bir çevrede daha ucuz, daha az riskli ve çok daha güvenilir ölçümler yapabilirler.

Herhangi bir yapay görme sistemi tasarlanırken, sistemin gerçekleştirmesi beklenilen görevlerin neler olduğu, görsel performans ölçütleri, çevresel faktörlerin neler olduğu, sistemin nasıl programlanacağı, sistemden elde edilecek verilen neler olduğu ve sistemi kullanacak operatörün gereksinimleri daha herhangi bir yatırım yapılmadan, tasarım aşamasında belirlenmelidir.

Tasarım aşamasında aynı zamanda, yatırımcının da bu maliyeti ne kadar sürede telafi edebileceğini de bilmesi gerekir.

Özellikle hat tipi üretim yapan işletmeler için, montaj hatları için, kalite kontrolün önemli olduğu işletmelerde, büyük bir kolaylık sağlayan yapay görme sistemlerinin satın alınmasından önce, sistemin ne zaman kendi maliyetini çıkarabileceğini hesaplayabilmek, bu sistemlere yatırım yapacak olan işletmeler açısından önemlidir.

Bu tezin konusu olan ve yukarıdaki amaçlarla tasarlanan karlılık analizi yazılımı, böyle bir teknolojiye yatırım yapmak isteyen ve yatırımın geri dönüşünü bilmek isteyen işletmelerin fizbilite çalışmaları açısından büyük önem arz etmektedir. Bilindiği üzere fizbilite çalışmaları, pazar araştırması, teknik incelemer ve finansal analizlerden oluşur. Yapay görme sistemlerinin ülkemizde de gelişmeye başlaması ile ulusal ve uluslararası üretici firmalar da artmaya başlamıştır. Önerdiğimiz bu karar destek sistemi ile projenin hangi firmadan alındığından bağımsız olarak, finansal fizbilite yapılması olanaklı hale gelmiştir.

Önerilen model bu alandaki yatırım kararının nasıl verilmesi gerektiğine ilişkin rasyonel yaklaşımı içermekte, kalitesizlik maliyetlerinin azaltılması veya yok edilmesinden dolayı elde edilen maliyetten tasarrufları hesaplayarak, yapay görme teknolojisine geçmek isteyen işletmelere yatırımın ne kadar süre sonra kendini karşılayabileceğini hesap etmekte ve karlılık oranını öngörmektedir.

Bu çalışmanın devamı olarak, yazılımın geliştirilmesi ve ticari bir değer kazandırılması sağlanılabilinir. Çünkü önerdiğimiz modelin kullanıcı arayüzü tasarımı, ekran tasarımı geliştirilmeye açıktır. Diğer taraftan, finansal analiz kısmında ilaveler yapılarak maliyet analizi üzerinde de çalışmalar yapılabilir.

Modelin geliştirilmesi gereken diğer yanı ise duyarlılık analizi özelliğidir. Yatırımın hangi aralıkta karlılığını koruyacağı ve hangi noktadan sonra rantabl olmadığı ile öngörülen koşullarda ne gibi değişiklikler olması durumunda yatırımın seyrinin ne olacağı bu analiz yeteneği eklendiği takdirde yazılıma kazandırılabilir.

Ayrıca önerilen model, hataların tamamının bulunduğu veya önlendiği varsayımını yapmaktadır. Bunun sonucu olarak da karlılık analizi yapılırken gerçek dünyadan bir miktar sapmaya neden olması ihtimaline karşın, daha çok işletmeden gerçek veriler alınarak modelin geliştirilmesi sağlanabilir.

5. KAYNAKLAR

Acar, D. (2005). Küresel Rekabette Maliyet Yönetimi ve Yaklaşımları: Tekstil Sektörü İle İlgili Bir Araştırma, 1. Baskı, Asil Yayın Dağıtım, Isparta.

Agapakis J.E. Quality Digest (2001). The Future of Machine Vision. 2 Kasım 2014 tarihinde http://www.qualitydigest.com/oct98/html/machfutr.html adresinden indirildi.

Akbar H., & Prabuwono A.S. (2008). Webcam based system for press part industrial inspection. International Journal of Computer Science and Network Security 8 (10), 170-177

Akgün, M. (2005). Kalite Maliyetlerinin Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Sistemine Entegrasyonu. Muhasebe Ve Denetime Bakış, Yıl:4 Sayı:14, ss:31-47

Algüner, A. (2015). Yatırım Analizi Ders Notları. 5 Kasım 2015 tarihinde http://www.baskent.edu.tr/~alguner/ adresinden indirildi.

Alıcı, Ş. (2007). Kalite Maliyetleri ve Kalite Maliyetlerinin PAF Modeli Çerçevesinde Test Edilmesine Yönelik Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.

Alkan, H. (2002). Kalitesizliğin Önemli Bir Boyutu: Maliyet Artışı, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri: A, Sayı:2.

Allied Vision Technologies GMBH, Choosing a Machine Vision Camera. 15 Temmuz 2014 tarihinde http://www.alliedvisiontec.com/ adresinden indirildi.

Banks ,M. S. (2014). Perceptual Bases for Rules of Thumb in Photography. Vision Science

Blug, A., Jetter, V., Strohm, P., Carl, D. & Hofler, H. (2010). High power LED lighting for CNN based image processing at frame rates of 10 kHz, 1-3

Bozkurt, R. (2003). Kalite Maliyetleri, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No: 641,Ankara.

Cesur, A.M. (2006). Proje Değerlendirme Yöntemleri ve Kullanılan Enstrümanlar. 3 Kasım 2015 tarihinde www.emo.org.tr/ekler/baf163c24ed14b5_ek.doc adresinden indirildi.

Çabuk Y. (2005). Kalite Maliyetleri ve Kalite Maliyetlerini Ölçmede Kullanılan Yöntemler, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi

Dale, B. G., and Plunkett, J. J. (1991), Quality Costing, Chapman & Hall, London.

Davies, E. R., (1998). Automated Visual Inspection. Machine Vision, 2nd ed. Academic Press. 19.

Dawson, B., & Melikian D. S. (2012). Foreword

Defining the Requirements of a Machine Vision System for Factory Automation. 11 Ağustos 2014 tarihinde http://www.automation.com/pdf_articles/mv_for_factory_automation_condensed.pdf adresinden indirildi.

Dramatik Aydınlatma Yöntemleri. (2008). MEGEP Yayınları, Ankara

Gedik T., Akyüz K. D. & Akyüz İ. (2005). Yatırım Projelerinin Hazırlanması ve Değerlendirilmesi, ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi, Cilt:7, Sayı7.

Gonzalez, R., Woods, R., & Eddins, S. (2009). Digital Image Processing using Matlab. 2 Nd edition. Gatesmark Publishing.

Gornand, W. (1998), "Combining Prevention and Appraisal Efforts to Minimize The Total Quality Costs", Journal of Cost Management, 12, 1, 20-32.

Görüntü İşleme 1. (2007). MEGEP Yayınları, Ankara

Hassan, M. H., & Diab S. L. (2010). Visual inspection of products with geometrical quality characteristics of known tolerances. Ain Shams Engineering Journal, 1, 1, 79-84

Heleno, P., Davies R., Correia B.A.B. & Dinis J. (2002). A Machine Vision Quality Control System for Industrial Acrylic Fibre Production

Hornberg, A. (2006). Handbook of Machine Vision. 29 - 31

http://en.wikipedia.org/wiki/Frame_grabber sitesinden 17 Haziran 2014 tarihinde indirildi.

http://kameralikontrol.blogspot.com.tr/2014/07/yapay-gorme-projelerindeki-dogru.html adresinden 7 Ağustos 2014 tarihinde indirildi.

http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-lenses.htm adresinden 25 Kasım 2014 tarihinde indirildi.

http://www.effilux.fr/1-36154-Dark-field- llumination.php?PHPSESSID=79e20d81f12bc39f3ef45f9428629d12 adresinden 22 Kasım 2014 tarihinde indirildi.

http://www.e3tam.com/?p=content_cozumler&gl=cozum&cl=proje&l=proje adresinden 2 Aralık 2014 Tarihinde indirildi.

http://www.edenvalleycameraclub.co.uk/index_htm_files/Understanding%20Depth%20of%20Field.pdf adresinden 5 Ekim 2014 tarihinde indirildi.

http://www.karel.com.tr/blog/cctv-kameralar-icin-lensmercek-secim-kriterleri adresinden 14 Aralık 2014 tarihinde indirildi.

http://www.infocellar.com/Hardware/ga.htm adresinden 1 Ocak 2015 tarihinde indirildi.

http://www.netfotograf.com/forum/lens/lenslerin-uzerindeki-rakamlarin-manasi-43497-1.html adresinden 22 Eylül 2014 tarihinde indirildi.

http://www.tlvexp.ca/wp-content/uploads/2013/09/FOV_Target.jpg adresinden 12 Ekim 2014 tarihinde indirildi.

http://www.visiononline.org/vision-resources-details.cfm/vision-resources/Cost-Justification-Strategies-for-Machine-Vision/content_id/1330 adresinden 19 Aralık 2014 tarihinde indirildi.

Jähne, B. (2005). Digital Image Processing, Springer, 6th Ed. 7-19

Jones, A. (2011). What is Machine Vision Image Processing?. 6 Eylül 2014 tarihinde http://www.wisegeek.com/what-is-machine-vision-image-processing.htm#did-youknow adresinden indirildi.

Judi, H., Jenal, R., & Genasan, D. (2009). Some Experiences of Quality Control Implementation in Malaysian companies. European Journal of Scientific Research, 27(1), 34-45.

Kavak, K. (2012). Proje Analizinde Kullanılan Teknikler. 10 Ağustos 2015 tarihinde www.dektmk.org.tr/upresimler/K**KAVAK**-1.pdf adresinden indirildi.

Kirtan, B., Patel, Z. M.B., & Panchal S. R. (2013). Machine vision and its Applications.

Kopardekar, P., Mital A., & Anand S. (1993). Manual, Hybrid and Automated Inspection Literature and Current Research. Integrated Manufacturing Systems, 4. 18-29.

Labudzki, R., & Legutko, S. (2010). Applications of Machine Vision.27.

Lefley, F. (1997). Approaches to risk and uncertainty in the appraisal of new technology capital projects. International Journal of Production Economics 53, 21-33.

Lighting Considerations In Machine Vision. 3 Ocak 2015 Tarihinde http://www.ukiva.org/pdf/ alrad_lighting- considerations- in-machine-vision.pdf adresinden indirildi.

Machine Vision Handbook. 22 Ekim 2014 tarihinde http://www.ukiva.org/pdf/Machine-Vision-Handbook.pdf adresinden indirildi.

Machine Vision Introduction. 3 Ağustos 2014 tarihinde www.sickivp.com adresinden indirildi.

Maillet, S.M., & Sharaiha, Y. M. (1999). Binary Digital Image Processing, 3nd edition.

Malamas, E. N., Petrakis E. G., Zervakis M., Petit L. & Legat J.-D. (2003). A Survey on Industrial Vision Systems, Applications and Tools.

Mather, P.M. (1996). Computer Processing of Remotely-Sensed Images.

Montgomery, D. (2005). Introduction to Statistical Quality Control, Fiftth Edition, John Wiley& Sons, Inc. USA.

Nagrale, S.K., & Bagde S.T. (2013). Application of Image Processing For Development of Automated Inspection System. International Journal Of Computational Engineering Research. 3-3.

Ömürgönülşen, M. (2008). Kalite Maliyetlerinin Ölçümü: Gıda Sektöründe Bir Araştırma, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No: 703, Ankara.

Öztürk, L.Ö., Tong T., & Yağmur, Ş.A. (2008). Mimari Aydınlatmaua Yönelik Elipsoit Yansıtıcı Tasarımı, YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi YTÜ Arch. Fac. E-Journal 3-1

Patterson, R., & Sagers, S. (2012). Choosing Digital Camera Lenses

Peterson, B. (2004). Understanding Exposure Revised Edition. Amphoto Books. New York, NY

Pokharel, B. (2013). Machine Vision And Object Sorting PLC Communication with LabVIEW using OPC.

Ramya, S., Suchitra J. & Nadesh R.K. (2013). Detection of Broken Pharmaceutical Drugs using Enhanced Feature Extraction Technique. 2-3.

Roden S., & Dale B. G. (2000). Undersanding The Language of Quality Costing. The TQM Magazine, 179-185.

Samtaş, G., & Gülesin M. (2011). Sayısal Görüntü İşleme ve Farklı Alanlardaki Uygulamaları

Sarwar, S. (2014). Overcoming the Challenges of PC Based Industrial Machine Vision. s.22

Sermaye Bütçelemesi, 6 Ekim 2015 tarihinde www.baskent.edu.tr/~gurayk/islefinsermaye butcelemesi.doc adresinden indirildi.

Shukla P. K. & Jayswal C. C. (2013). Design & Development of an Image Processing Algorithm for Automated Visual Inspection System

Sipponen, J. (2010). Employing Machie Vision to a Manufacturing Line

SME Automation and Assembly Summit, Achieving World-Class Manufacturing with Advanced Automation (2004). 3

West, P.C. (2014). A Road Map For Building A Machine Vision System

Woo, T.M., & Law, H.W. (2002). Modeling of a Quality Control Information System For Small to Medium-sized Enterprise. Integrated Manufacturing Systems, 13(4). 222-236.

Yang, J., & Ikeuchi, K. (2003). A rendering method for woven clothes reflections, Computer Vision and Image Media (CVIM-140), 88, 33-40.

Yaman, K., Sarucan, A., Atak, M & Aktürk, N. (2001). Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme ve Arıma Modelleri Yardımıyla Veri Hazırlama, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., Cilt 16, No 1, 19-40,

Yuan-yuan, Si-yang & Qing-chang. (2012). Application of Detecting Part's Size Online Based on Machine Vision. International Conference on Future Energy, Environment, and Materials. Energy Procedia 16. 1948-1956.

Yıldırım, H., & Saylık B. (2009). Kalitesizlik Maliyetleri Üzerine Bir İnceleme. Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 16.

Yükçü, S., & İçerli, Y. (1999). Bir Fırsat Maliyeti Olarak Kalitesizliğin Maliyeti ve Muhasebeleştirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F., İzmir.

The Reflection of Light: Mirrors 15 Eylül 2014 tarihinde http://www.physics.ohio-state.edu/~humanic/p112_lecture16.pdf adresinden indirildi.

6. EKLER

EK-1: KARLILIK ANALİZİ YAZILIMI KODLARI

EK-1: KARLILIK ANALİZİ YAZILIMI KODLARI

```
Imports WindowsApplication2.CommonFunctions
Imports System.Text


Public Class Form2


    Private Sub Form1_Load(sender As Object, e As EventArgs) Handles MyBase.Load
        Timer1.Enabled = True
    End Sub

    Private Sub Form1_KeyDown(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyEventArgs) Handles MyBase.KeyDown
        If e.KeyCode = Keys.Escape Then
            Me.Close()
        End If

    End Sub
    Sub CloseForm(ByVal sender As Object, e As
System.ComponentModel.CancelEventArgs) Handles MyBase.FormClosing

        If MessageBox.Show("Uygulamayı kapatmak üzeresiniz. Uygulama kapatılsın
mı?", "Dikkat", MessageBoxButtons.YesNo) = Windows.Forms.DialogResult.No Then
            e.Cancel = True
        End If
    End Sub



    Private Function S2() As Object
        Throw New NotImplementedException
    End Function

    Private Sub Timer1_Tick(sender As Object, e As EventArgs) Handles Timer1.Tick
        Label36.Text = Label36.Text.Substring(1) + Label36.Text.Substring(0, 1)
    End Sub




    Private Sub Button15_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button15.Click
        Dim sb_errStr As StringBuilder = New StringBuilder()
        Dim m_FormName = FormName.DisBasarisizlikAnalizi

        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox30, m_FormName, 1))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox31, m_FormName, 2))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox32, m_FormName, 3))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox33, m_FormName, 4))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox34, m_FormName, 5))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox35, m_FormName, 6))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox36, m_FormName, 7))
        Dim strErr = sb_errStr.ToString()
        If strErr.Length > 0 Then
            CommonFunctions.RaiseError(strErr)
```

```
        End If


    End Sub


    Private Sub Button17_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button17.Click
        Dim sb_errStr As StringBuilder = New StringBuilder()
        Dim m_FormName = FormName.DisBasarisizlikMaliyetAnalizi

        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox37, m_FormName, 1))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox38, m_FormName, 2))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox39, m_FormName, 3))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox40, m_FormName, 4))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox41, m_FormName, 5))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox42, m_FormName, 6))
        sb_errStr.Append(ValidatetextBox(TextBox43, m_FormName, 7))
        Dim strErr = sb_errStr.ToString()
        If strErr.Length > 0 Then
            CommonFunctions.RaiseError(strErr)
        End If

    End Sub

    Private Function ParseTextBoxes(p_ctrlList As TextBox())
        Dim m_S As List(Of Decimal) = New List(Of Decimal)
        m_S.Add(0)
        For i = 0 To p_ctrlList.Count - 1
            If CheckNumeric(p_ctrlList(i)) Then
                m_S.Add(Decimal.Parse(clearTxtBox(p_ctrlList(i).Text)))
                p_ctrlList(i).BackColor = Color.White
            Else
                p_ctrlList(i).BackColor = Color.Red
            End If
        Next
        Return m_S
    End Function

    Public Function CheckNumeric(p_TxtBox As TextBox) As Boolean
        Dim strToCheck = clearTxtBox(p_TxtBox.Text)
        Return (strToCheck <> "" And IsNumeric(strToCheck))
    End Function


    Private Sub Button20_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button20.Click

        Dim m_ctrlList As TextBox() = New TextBox() {TextBox30, TextBox31,
TextBox32, TextBox33, TextBox34, TextBox35, TextBox36, TextBox37, TextBox38,
TextBox39, TextBox40, TextBox41, TextBox42, TextBox43}
        Dim S As List(Of Decimal) = ParseTextBoxes(m_ctrlList)
        If S.Count - 1 <> m_ctrlList.Length Then
            RaiseError("Lütfen sayısal değerler girin", "")
            TabControl1.SelectedIndex = 4
            Exit Sub
        End If
        'S1 = TextBox30.Text
```

```
        'S2 = TextBox31.Text
        'S3 = TextBox32.Text
        'S4 = TextBox33.Text
        'S5 = TextBox34.Text
        'S6 = TextBox35.Text
        'S7 = TextBox36.Text
        'S8 = TextBox37.Text
        'S9 = TextBox38.Text
        'S10 = TextBox39.Text
        'S11 = TextBox40.Text
        'S12 = TextBox41.Text
        'S13 = TextBox42.Text
        'S14 = TextBox43.Text
        TextBox44.Text = Format(S(1) * S(8) * 0.01, ("C"))
        TextBox45.Text = Format(S(2) * S(9) * 0.01, ("C"))
        TextBox46.Text = Format(S(3) * S(10) * 0.01, ("C"))
        TextBox47.Text = Format(S(4) * S(11) * 0.01, ("C"))
        TextBox48.Text = Format(S(5) * S(12) * 0.01, ("C"))
        TextBox49.Text = Format(S(6) * S(13) * 0.01, ("C"))
        TextBox50.Text = Format(S(7) * S(14) * 0.01, ("C"))
        TextBox51.Text = Format(S(1) * S(8) * 0.01 + S(2) * S(9) * 0.01 + S(3) *
S(10) * 0.01 + S(4) * S(11) * 0.01 + S(5) * S(12) * 0.01 + S(6) * S(13) * 0.01 +
S(7) * S(14) * 0.01, ("C"))
        TextBox52.Text = Format(TextBox51.Text * 12, ("C"))

    End Sub



    Private Sub Button37_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button37.Click
        Dim m_ctrlList As TextBox() = New TextBox() {TextBox59, TextBox66,
TextBox58, TextBox65, TextBox57, TextBox64, TextBox56, TextBox63, TextBox55,
TextBox62, TextBox54, TextBox61, TextBox53, TextBox60}
        Dim S As List(Of Decimal) = ParseTextBoxes(m_ctrlList)
        If S.Count - 1 <> m_ctrlList.Length Then
            RaiseError("Lütfen sayısal değerler girin", "")
            TabControl1.SelectedIndex = 6
            Exit Sub
        End If

        'S1 = TextBox59.Text
        'S2 = TextBox66.Text
        'S3 = TextBox58.Text
        'S4 = TextBox65.Text
        'S5 = TextBox57.Text
        'S6 = TextBox64.Text
        'S7 = TextBox56.Text
        'S8 = TextBox63.Text
        'S9 = TextBox55.Text
        'S10 = TextBox62.Text
        'S11 = TextBox54.Text
        'S12 = TextBox61.Text
        'S13 = TextBox53.Text
        'S14 = TextBox60.Text
        TextBox73.Text = Format(S(1) * S(2) * 0.01, ("C"))
        TextBox72.Text = Format(S(3) * S(4) * 0.01, ("C"))
        TextBox71.Text = Format(S(5) * S(6) * 0.01, ("C"))
```

```
        TextBox70.Text = Format(S(7) * S(8) * 0.01, ("C"))
        TextBox69.Text = Format(S(9) * S(10) * 0.01, ("C"))
        TextBox68.Text = Format(S(11) * S(12) * 0.01, ("C"))
        TextBox67.Text = Format(S(13) * S(14) * 0.01, ("C"))
        TextBox75.Text = Format(S(1) * S(2) * 0.01 + S(3) * S(4) * 0.01 + S(5) *
S(6) * 0.01 + S(7) * S(8) * 0.01 + S(9) * S(10) * 0.01 + S(11) * S(12) * 0.01 +
S(13) * S(14) * 0.01, ("C"))
        TextBox74.Text = Format(TextBox75.Text * 12, ("C"))
    End Sub


    Private Sub Button40_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button40.Click
        Dim m_ctrlList As TextBox() = New TextBox() {TextBox82, TextBox86,
TextBox81, TextBox85, TextBox80, TextBox84, TextBox79, TextBox83}
        Dim S As List(Of Decimal) = ParseTextBoxes(m_ctrlList)
        If S.Count - 1 <> m_ctrlList.Length Then
            RaiseError("Lütfen sayısal değerler girin", "")
            TabControl1.SelectedIndex = 9
            Exit Sub
        End If

        'S1 = TextBox82.Text
        'S2 = TextBox86.Text
        'S3 = TextBox81.Text
        'S4 = TextBox85.Text
        'S5 = TextBox80.Text
        'S6 = TextBox84.Text
        'S7 = TextBox79.Text
        'S8 = TextBox83.Text
        TextBox77.Text = Format(S(1) * S(2) * 0.01, ("C"))
        TextBox76.Text = Format(S(3) * S(4) * 0.01, ("C"))
        TextBox87.Text = Format(S(5) * S(6) * 0.01, ("C"))
        TextBox78.Text = Format(S(7) * S(8) * 0.01, ("C"))
        TextBox89.Text = Format(S(1) * S(2) * 0.01 + S(3) * S(4) * 0.01 + S(5) *
S(6) * 0.01 + S(7) * S(8) * 0.01, ("C"))
        TextBox88.Text = Format(TextBox89.Text * 12, ("C"))
    End Sub



    Private Sub ValidateTextBox_L(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TextBox88.Leave,
        TextBox89.Leave, TextBox78.Leave, TextBox76.Leave,
        TextBox77.Leave, TextBox87.Leave, TextBox79.Leave,
        TextBox80.Leave, TextBox81.Leave, TextBox82.Leave,
        TextBox53.Leave, TextBox54.Leave, TextBox55.Leave,
        TextBox56.Leave, TextBox57.Leave, TextBox58.Leave,
        TextBox59.Leave, TextBox74.Leave, TextBox75.Leave,
        TextBox67.Leave, TextBox68.Leave, TextBox69.Leave,
        TextBox69.Leave, TextBox70.Leave, TextBox71.Leave,
        TextBox72.Leave, TextBox73.Leave, TextBox36.Leave,
        TextBox35.Leave, TextBox34.Leave, TextBox33.Leave,
        TextBox32.Leave, TextBox31.Leave, TextBox30.Leave,
        TextBox29.Leave, TextBox50.Leave, TextBox49.Leave,
        TextBox48.Leave, TextBox47.Leave, TextBox46.Leave,
        TextBox45.Leave, TextBox44.Leave, TextBox28.Leave,
        TextBox27.Leave, TextBox26.Leave, TextBox25.Leave,
```

```
        TextBox91.Leave, TextBox102.Leave, TextBox11.Leave,
        TextBox101.Leave, TextBox1.Leave, TextBox100.Leave,
        TextBox13.Leave, TextBox99.Leave, TextBox10.Leave,
        TextBox92.Leave, TextBox93.Leave, TextBox93.Leave



        Dim m_TbToValidate As TextBox
        m_TbToValidate = DirectCast(sender, TextBox)

        If m_TbToValidate.Text <> "" Then
            If IsNumeric(clearTxtBox(m_TbToValidate.Text)) Then
                Dim tlira As Decimal = clearTxtBox(m_TbToValidate.Text)
                If (Not IsNothing(m_TbToValidate.Parent) And (Not
m_TbToValidate.Parent.Name.Contains("yuzde"))) Then
                    m_TbToValidate.Text = Format(tlira, ("C"))
                End If

                m_TbToValidate.BackColor = Color.White
            Else
                m_TbToValidate.BackColor = Color.Red
            End If
            ' m_TbToValidate.Text =
Convert.ToDecimal(m_TbToValidate.Text.Replace("TL", ""))
        Else
            m_TbToValidate.Text = 0.ToString("c")
        End If

    End Sub



    Private Sub ValidateTextBox_S(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TextBox88.GotFocus,
       TextBox89.GotFocus, TextBox78.GotFocus, TextBox76.GotFocus,
       TextBox77.GotFocus, TextBox87.GotFocus, TextBox79.GotFocus,
       TextBox80.GotFocus, TextBox81.GotFocus, TextBox82.GotFocus,
       TextBox53.GotFocus, TextBox54.GotFocus, TextBox55.GotFocus,
       TextBox56.GotFocus, TextBox57.GotFocus, TextBox58.GotFocus,
       TextBox59.GotFocus, TextBox74.GotFocus, TextBox75.GotFocus,
       TextBox67.GotFocus, TextBox68.GotFocus, TextBox69.GotFocus,
       TextBox69.GotFocus, TextBox70.GotFocus, TextBox71.GotFocus,
       TextBox72.GotFocus, TextBox73.GotFocus, TextBox36.GotFocus,
       TextBox35.GotFocus, TextBox34.GotFocus, TextBox33.GotFocus,
       TextBox32.GotFocus, TextBox31.GotFocus, TextBox30.GotFocus,
       TextBox29.GotFocus, TextBox50.GotFocus, TextBox49.GotFocus,
       TextBox48.GotFocus, TextBox47.GotFocus, TextBox46.GotFocus,
       TextBox45.GotFocus, TextBox44.GotFocus, TextBox28.GotFocus,
       TextBox27.GotFocus, TextBox26.GotFocus, TextBox25.GotFocus,
       TextBox91.GotFocus, TextBox102.GotFocus, TextBox11.GotFocus,
       TextBox101.GotFocus, TextBox1.GotFocus, TextBox100.GotFocus,
       TextBox13.GotFocus, TextBox99.GotFocus, TextBox88.MouseClick,
       TextBox89.MouseClick, TextBox78.MouseClick, TextBox76.MouseClick,
       TextBox77.MouseClick, TextBox87.MouseClick, TextBox79.MouseClick,
       TextBox80.MouseClick, TextBox81.MouseClick, TextBox82.MouseClick,
       TextBox53.MouseClick, TextBox54.MouseClick, TextBox55.MouseClick,
       TextBox56.MouseClick, TextBox57.MouseClick, TextBox58.MouseClick,
```

```
        TextBox59.MouseClick, TextBox74.MouseClick, TextBox75.MouseClick,
        TextBox67.MouseClick, TextBox68.MouseClick, TextBox69.MouseClick,
        TextBox69.MouseClick, TextBox70.MouseClick, TextBox71.MouseClick,
        TextBox72.MouseClick, TextBox73.MouseClick, TextBox36.MouseClick,
        TextBox35.MouseClick, TextBox34.MouseClick, TextBox33.MouseClick,
        TextBox32.MouseClick, TextBox31.MouseClick, TextBox30.MouseClick,
        TextBox29.MouseClick, TextBox50.MouseClick, TextBox49.MouseClick,
        TextBox48.MouseClick, TextBox47.MouseClick, TextBox46.MouseClick,
        TextBox45.MouseClick, TextBox44.MouseClick, TextBox28.MouseClick,
        TextBox27.MouseClick, TextBox26.MouseClick, TextBox25.MouseClick,
        TextBox91.MouseClick, TextBox102.MouseClick, TextBox11.MouseClick,
        TextBox101.MouseClick, TextBox1.MouseClick, TextBox100.MouseClick,
        TextBox13.MouseClick, TextBox99.MouseClick



        Dim m_TbToValidate As TextBox
        m_TbToValidate = DirectCast(sender, TextBox)
        m_TbToValidate.Text = clearTxtBox(m_TbToValidate.Text)
        m_TbToValidate.SelectAll()
    End Sub
    Private Sub btnNext_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
btnNext.Click
        setTabIndex(1)
    End Sub
    Private Sub btnPrevious_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
btnPrevious.Click
        setTabIndex(-1)
    End Sub
    Private Sub setTabIndex(p_step As Integer)
        Dim m_selectedTabIndex As Integer = TabControl1.SelectedIndex
        Dim m_NewIndex As Integer
        m_NewIndex = m_selectedTabIndex + p_step
        If m_NewIndex >= 0 And m_NewIndex <= TabControl1.TabCount - 1 Then
            TabControl1.SelectedIndex = m_NewIndex
        End If

    End Sub

    Sub setButtonVisibility(p_NewIndex)
        btnNext.Visible = (p_NewIndex < TabControl1.TabCount - 1)
        btnPrevious.Visible = (p_NewIndex > 0)
    End Sub

    Private Sub TabControl1_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As
EventArgs) Handles TabControl1.SelectedIndexChanged
        setButtonVisibility(TabControl1.SelectedIndex)
    End Sub



    Private Sub Button10_Click_1(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button10.Click
        Dim m_ctrlList As TextBox() = New TextBox() {TextBox91, TextBox102,
TextBox11, TextBox101, TextBox1, TextBox100, TextBox13, TextBox99}
        Dim S As List(Of Decimal) = ParseTextBoxes(m_ctrlList)
        If S.Count - 1 <> m_ctrlList.Length Then
            RaiseError("Lütfen sayısal değerler girin", "")
```

```
            TabControl1.SelectedIndex = 2
            Exit Sub
        End If

        TextBox19.Text = Format(S(1) * S(2) * 0.01, ("C"))
        TextBox25.Text = Format(S(3) * S(4) * 0.01, ("C"))
        TextBox26.Text = Format(S(5) * S(6) * 0.01, ("C"))
        TextBox27.Text = Format(S(7) * S(8) * 0.01, ("C"))
        TextBox28.Text = Format(S(1) * S(2) * 0.01 + S(3) * S(4) * 0.01 + S(5) *
S(6) * 0.01 + S(7) * S(8) * 0.01, ("C"))
        TextBox29.Text = Format(TextBox28.Text * 12, ("C"))
    End Sub

    Private Sub Button41_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles
Button41.Click
        Dim m_ctrlList As TextBox() = New TextBox() {TextBox28, TextBox51,
TextBox89, TextBox75, TextBox10, TextBox92, TextBox93, TextBox2}
        Dim S As List(Of Decimal) = ParseTextBoxes(m_ctrlList)
        If S.Count - 1 <> m_ctrlList.Length Then
            RaiseError("Lütfen sayısal değerler girin", "")
            TabControl1.SelectedIndex = 2
            Exit Sub
        End If


        Dim s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7, s8, s9, s10 As Decimal
        s1 = TextBox28.Text
        s2 = TextBox51.Text
        s3 = TextBox89.Text
        s4 = TextBox75.Text
        s5 = TextBox10.Text
        s6 = TextBox92.Text
        s7 = TextBox93.Text
        s8 = TextBox2.Text
        s9 = TextBox97.Text
        s10 = TextBox98.Text
        TextBox96.Text = Format(s1 + s2 + s3 + s4 - s5 - s6 - s7, ("C"))
        TextBox95.Text = Format((s1 + s2 + s3 + s4 - s5 - s6 - s7) * 12, ("C"))
        TextBox94.Text = String.Format("{0:0.00}", (s8 – s9) / (s1 + s2 + s3 + s4
- s5 - s6 - s7 + (s8 – s9) / s10))
    End Sub


    Private Sub TextBox96_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
TextBox96.TextChanged

    End Sub
End Class
```

7. ÖZGEÇMİŞ

Yazar, 1982 yılında Isparta'da doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimlerini İstanbul'da tamamladıktan sonra, lisans eğitimini 2005 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamış, yine aynı üniversitenin aynı bölümünde 2009 yılında yüksek lisans derecesi almıştır.

2007 yılında Maltepe Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak akademik hayata girmiş ve yine aynı yıl öğretim görevliliğine yükseltilmiştir.

Yazar, 2013 yılında üniversiteden ayrılarak özel sektörde eğitim uzmanlığı, teknik eğitim uzmanlığı ünvanları ile halen çalışmaktadır.