



Uluslararası Akademik Yönetim Bilimleri Dergisi

Uluslararası Akademik Yönetim Bilimleri Dergisi (<http://dergipark.gov.tr/yonbil>)
2023, Cilt 9, Sayı 14

KALİTE ÖLÇÜMÜNDE İŞGÜCÜ PLANLAMASI VE YAPAY GÖRME SİSTEMLERİ¹²

LABOR PLANNING AND ARTIFICIAL VISION SYSTEMS IN QUALITY MEASUREMENT

Ali ÖZCAN³

Halefşan SÜMEN⁴

Ahmet ERKASAP⁵

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 kullanılan 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 işgücü maliyetleri açısından da bir öneri geliştirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay görme, kalite kontrol, kalitesizlik maliyetleri, işgücü maliyetleri

Abstract

Today, computers, whose power is rapidly increasing and becoming cheaper in accordance with Moore's law, have paved the way for the widespread use of machine vision systems. However, the fact that machine vision systems require other components such as software, cameras, lighting

¹ Gönderilme Tarihi: 12 Ağustos 2023, Kabul Tarihi: 28 Ağustos 2023, DOI: 10.51947/yonbil.1341749

² Bu çalışma, Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Doktora Programı'nda, Ali Özcan tarafından, Dr. Öğr. Üyesi Halefşan Sümen danışmanlığında tamamlanan "Yapay Görme Sistemlerinin Yatırım Karlılığının Değerlendirilmesi İçin Bir Model Önerisi" başlıklı doktora tezinden Dr. Ahmet Erkasap'ın katkılarıyla üretilmiştir.

³ Dr. Öğr. Üyesi, Nişantaşı Üniversitesi, ali.ozcan@nisantasi.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-3751-8148

⁴ Dr. Öğr. Üyesi, sumenh@itu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9627-2681

⁵ Dr. Öğr. Üyesi, T.C. İstanbul Gedik Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, ahmet.erkasap@gedik.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6239-1700

systems, and the integration of these components and training studies make the subject a serious investment. Undoubtedly, the fact that machine vision systems are a very important tool that reduces the costs of poor quality in industry and internal logistics applications encourages investments. However, it is also indispensable that they comply with the principle of economy. Therefore, care should be taken to ensure that these systems provide returns in excess of their costs for the duration of their use. In this study, we introduce a model to predict the return on investment of machine vision systems that are intended to be used for quality improvements. Research conducted in Turkey and discussions with EMVA (European Machine Vision Association) have revealed that due to the lack of a similar model, some unprofitable investments are being made and some potentially profitable investment opportunities are being missed. The model takes as data the costs of poor quality, the estimated cost of the machine vision system, the amount of savings that can be achieved through the machine vision system in poor quality costs and develops a proposal in terms of labor costs.

Key Words: Machine vision, quality control, cost of poor quality, labor costs

Giriş

İnsan muayenesi eksiksiz bir kalite kontrol gerçekleştirebilir, fakat zaman harcaan 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 (Madyaningarum et al., 2018):

- 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 (Wang & Li, 2021).

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 (Zhang et al., 2017). 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 güvenilirliğinin önemli bir seviyeye gelmiş olmasından dolayı, ürün muayenesi ve analizi alanlarında önemli bir araç haline gelmiştir (Davies, 1998).

1. Yapay Görme Ve Kalitesizlik Maliyetleri

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 üç boyutlu yapay görme üzerine çalışmalar yapılmıştır. 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 ve Qing-chang, 2012).

Kalite maliyetlerinin klasik sınıflandırılması 1950'li yıllara kadar dayanır. Feigenbaum kalite maliyetlerini; önleme, değerlendirme 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).

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).

Tablo 1. İncelenen Ürünlerin Olası Özellikleri

Boyutsal Özellikler	Ölçüler, şekiller, konumlandırma, yönlenme, uyum, yuvarlaklık
Yapısal Özellikler	Montaj, delik, yuva, perçin, vida, kelepçe Yabancı Nesnelere, 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

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 yapıyor 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).

1.1. 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 (Labudzki ve Legutko, 2010; Zhong et al., 2022):

- 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/çıkı) sürücüsü veya haberleşme ağları (Sistem sonuçlarını raporlamak için kullanılır, örneğin RS-232)
- Yakınlaştırmak için lensler
- Aydınlatmalar, sistemlere uyumlu özel ışık kaynakları (örneğin LED'ler, floresan lambalar, halojen lambalar)
- Görüntüdeki özelliklerin saptanması ve görüntülenmesi için yazılım (görüntü işleme algoritmaları)
- Görüntünün işlenmesi ve örnekleme için nesnelere saptamak amacı ile senkron sensör (bunlar genellikle optik veya manyetik sensörlerdir)

- Kusurlu ürünleri reddetmek veya uzaklaştırmak için düzenekler

1.2. 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 olan James Harrington (1987) tarafından yazılan 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).

1.2.1. 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 (Sabet & Chong, 2020). 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).

1.2.2. Ölçme ve Değerlendirme Maliyetleri

Ölçme maliyetlerini oluşturan kalemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırabiliriz (Bozkurt, 2003; Ahmad et al., 2022).

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 kullanılmaz 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.

1.2.3. 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).

1.2.4. 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 gelen aksaklıklardan kaynaklanır. Dış başarısızlık maliyetlerinin müşterinin öznel değer yargılarını da içerdiği için ölçülebilmeleri güçtür (Owusu & Goh, 2020). Şikayet araştırmaları, iade edilen ürünler, düzeltme maliyetleri,

garanti talepleri, müşteri kaybı gibi maliyetler bu kapsamda incelenir. Dış başarısızlık maliyetlerini oluşturan kalite maliyet kalemleri aşağıda görüldüğü şekilde sıralayabiliriz (Bozkurt, 2003).

2. 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 (Vasilev et al., 2021). 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 (Helena, 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 (Wang & Li, 2021). Yüksek karmaşıklıkta 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 (Yang et al., 2020):

- Konum analizi
- Boyut analizi
- Yüzey durumu

Yukarıdaki faydaları sonucunda, kalite kontrol süreci, çıktıyı artırır 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).

2.1. Kalite Kontrolde İşgücü ve Yapay Zeka

Geleneksel olarak görsel muayene ve kalite kontrol insanlar tarafından yapılmaktadır. Birçok durumda insanlar görevlerini makinalardan daha iyi yapabilseler de, makinalardan daha yavaşlırlar ve kolayca yorulabilirler. Bunun yanısıra, insanlar hata bulmakta zorlanırlar, gözlem yapmayı devam ettirmekte zorlanırlar, eğitilmelerine ihtiyaç vardır ve yeteneklerini geliştirmeleri zaman alır (Jaffar et al., 2019). Ayrıca birçok durum da 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 (Lei, 2022). 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 uygulanacağını 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. Kitleli üretimin birçoğunda ürün güvenilirliği oldukça önemli olduğundan, tüm parçaların alt montajların ve bitmiş ürünlerin %100 kontrolüne oldukça sık başvurulur (Al-Shawi, 2021). Muayenedeki en zor görev görünüşle muayene yapmaktır. Görsel muayene hem fonksiyonalitye 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 (Liu et al., 2017). 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 (Prabuwono ve diğ., 2006).

SONUÇ

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.

Otomatik muayene sistemlerinin, üretim süreçlerinde kullanılması giderek artmaktadır. Sistemler, çeşitli parçaların önceden belirlenmiş parametrelerini ölçebilmekte, önceden belirlenmiş değerlerle ölçülen parametreleri 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 güvenilir olmaz. Bu yüzden insanlar tarafından yapılan geleneksel görsel kalite muayenesi yerini yapay görme sistemlerine bırakma potansiyeline sahiptir. Nesnellığe, 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 artırır (Nagrle 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, 2013).

Kalite kontrol işlemlerinde internet ve bilgi teknolojilerindeki ilerlemeleri bağlı olarak son zamanlarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Gerçek zamanlı kalite kontrol uygulamaları, kalite bilincinin eksikliğinden kaynaklanan makine ve malzeme odaklı problemlerle baş edebilmek için mükemmel araçlardır. Gerçek zamanlı bilgileri toplayan 44 bir bilgisayar, süreç içerisinde hatayı ilk anladığı anda daha sonra meydana gelebilecek hataların oluşmasını engelleyebilir (Woo ve Law, 2002).

Gelecekte üreticiler, teknolojiye 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 (Judı, Jenal ve Genasan, 2009).

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. Tabii ki, 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 artırma, 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 eğitime 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 kaldırılabilir. 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 arttırlar.

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.

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, muayenelerin 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 güvenilirliğinin 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 beklenen 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.

KAYNAKÇA

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

Ahmad, S., Saleh, M., & Al-Ahmari, A.. (2022). The Impact of Industry 4.0 Technologies on Manufacturing Strategies: Proposition of Technology-Integrated Selection. Ieee Access, 10, 21574-21583. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3151898>

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

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

Al-Shawi, H. F. J.. (2021). Solving the Problematic Relationship between Irregular Marketing Behaviours and the Principles of Social Responsibility. <https://scite.ai/reports/10.11114/bms.v7i3.5331>

Arroyo, E., Lima, J. ve Leitao, P. (2013). Adaptive Image Pre-processing for Quality Control in Production Lines. International Conference on Industrial Technology (ICIT) 2013; 2013; Cape Town: IEEE.

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

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

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

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

Harrington, H.J. (1987). Poor-Quality Cost (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429259128>

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

Jaffar, R. N., Hussain, A. A. A. M., & Chiad, W.. (2019). A new model for study of quality attributes to components based development approach. Periodicals of Engineering and Natural Sciences (Pen), 7(3), 1177. <https://doi.org/10.21533/pen.v7i3.686>

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

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

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

Lei, L.. (2022). Observation on the Effect of Intelligent Machine-Assisted Surgery and Perioperative Nursing. <https://scite.ai/reports/10.1155/2022/6264441>

Liu, H., Zhang, C., & Huang, D.. (2017). Extreme Learning Machine and Moving Least Square Regression Based Solar Panel Vision Inspection. <https://scite.ai/reports/10.1155/2017/7406568>

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

Madyaningarum, N., Berawi, M. A., & Miraj, P.. (2018). Relationship Between Leadership and Commitment with Quality Performance on U-Th-REE Processing Pilot Plant Construction in BATAN. <https://scite.ai/reports/10.17146/eksplorium.2018.39.1.4161>

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

Owusu, P. K., & Goh, M. A.. (2020). Assessment of Cost of Quality and its Effects on Manufacturing Performance: A Case Study of Special Ice Company Limited, Ghana. Asian Journal of Basic Science & Research, 02(03), 01-22. <https://doi.org/10.38177/ajbsr.2020.2301>

Prabuwono, A. S., Sulaiman, R.B., Hamdan, A. ve Hasniaty, A. (2006). Development of Intelligent Visual Inspection System (IVIS) for Bottling Machine. TENCON 2006 - 2006 IEEE Region 10 Conference, 1-4.

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

Sabet, P. G. P., & Chong, H.. (2020). Pathways for the Improvement of Construction Productivity: A Perspective on the Adoption of Advanced Techniques. Advances in Civil Engineering, 2020, 1-17. <https://doi.org/10.1155/2020/5170759>

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

Vasilev, Momchil et al. (2021, July 27). Sensor-Enabled Multi-Robot System for Automated Welding and In-Process Ultrasonic NDE. Sensors, 21(15), 5077. <https://doi.org/10.3390/s21155077>

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

Wang, W., & Li, H.. (2021). Deep Learning in Product Manufacturing Record System. <https://scite.ai/reports/10.21307/ijanmc-2021-028>.

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

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

Yang, R., Yonglin Zhang, Zhenrong Deng, Wenming Huang, Rushi Lan, Xiaonan Luo. (2020). "SK-FMYOLOV3: A Novel Detection Method for Urine Test Strips", *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. 2020, Article ID 8847651, 14 pages. <https://doi.org/10.1155/2020/8847651>

Yang Zhang, Wei Liu, Zhiguang Lan, Zhiyuan Zhang, Fan Ye, Haiyang Zhao, Xiaodong Li, Zhenyuan Jia, "Global Measurement Method for Large-Scale Components Based on a Multiple Field of View Combination", *Journal of Sensors*, vol. 2017, Article ID 8765450, 12 pages, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8765450>

Yuan-yuan, Si-yang ve 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.

Zhong, Y., Ling, J., & Shi, L.. (2022, October 10). Inspection Technology of Power Communication Network Based on Machine Vision Graphic Recognition. <https://scite.ai/reports/10.1155/2022/1380679>