

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ★FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLANOGRAM UYUMLULUĞUNUN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ
İLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali İhsan ÜSTÜN

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Programı

MAYIS 2020

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ★FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PLANOGRAM UYUMLULUĞUNUN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ
İLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Ali İhsan ÜSTÜN
(507141202)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Mühendislik Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Umut ASAN

MAYIS 2020

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507141202 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ali İhsan ÜSTÜN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “PLANOGRAM UYUMLULUĞUNUN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE ANALİZİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Umut ASAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Şeyda SERDAR ASAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Güneş KÜÇÜKYAZICI
Okan Üniversitesi

Teslim Tarihi : 6 Nisan 2020
Savunma Tarihi : 29 Mayıs 2020





Merhum Babama ve Kıymetli Anneme,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim sürecinde beni sürekli destekleyen ve her zaman arkamda duran değerli babam merhum Mehmet ÜSTÜN'e ve ilk öğrendiğim kelimeden bugüne kadar hayatını eğitimime ve başarıma adayan değerli annem Hafize ÜSTÜN'e üzerimdeki emekleri ve destekleri için çok teşekkür ederim.

Çalışmamda bana ışık tutan ve paylaştığı değerli bilgilerle çalışmamı destekleyen kıymetli danışmanım Doç. Dr. Umut ASAN'a ve çalışmanın konusu olan planogram uyumluluğu alanındaki engin bilgisi ile beni destekleyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Şeyda SERDAR ASAN'a çok teşekkür ederim. Yüksek lisans öğrenimim boyunca derslere katılımım konusunda anlayış gösteren ve destek veren tüm yöneticilerime ve çalışma arkadaşlarıma teşekkürü borç bilirim.

Nisan 2020

Ali İhsan ÜSTÜN
Elektronik ve Haberleşme Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1 Planogram.....	5
2.1.1 Planogramın kullanım amacı ve kazanımları.....	6
2.1.2 Temel problemler ve etkileri.....	7
2.2 Planogram Uyumluluğu	7
2.2.1 Planogram uyumluluğunun önemi	9
2.2.2 Planogram uyumluluğunun bileşenleri	10
2.3 Planogram Uyumsuzluğunun Sebepleri	10
2.3.1 Şirket verisi ile mağaza verisinin örtüşmemesi	11
2.3.2 Partnerler ile işbirliği eksikliği	11
2.3.3 Mağaza personelinin iş yoğunluğu	11
2.3.4 İdeal planı koruyamama.....	11
2.3.5 Önlenemeyen raf ikmali hataları.....	11
2.4 Planogram Uyumsuzluğunun Finansal Etkileri.....	12
2.5 Planogramın Uygulanmasındaki Zorluklar	12
2.6 Planogram Uyumluluk Ölçümü İçin Çözüm Önerileri	13
2.6.1 Görüntü işleme teknolojileri	14
2.6.2 Mobil raf yönetimi teknolojileri	15
3. MAĞAZA RAFLARINDA ÜRÜN TANIMA KONUSUNDA KULLANILAN YÖNTEMLER	17
3.1 Öznitelik çıkarımı.....	17
3.1.1 Blob belirleme algoritması.....	17
3.1.2 Şablon eşleştirme yöntemi	18
3.1.3 SURF öznitelik belirleme	19
3.1.4 SIFT öz nitelik belirleme	23
3.2 Yöntemlerin karşılaştırılması	29
4. ÖNERİLEN YÖNTEM	31
4.1 Ürün Tanıma.....	33
4.1.1 Öznitelik eşleştirme	34
4.1.2 Ürünün çerçevesi.....	38
4.1.3 Görüntülerden matris elde edilmesi	41
5. UYGULAMA VE SONUÇLARI.....	45
5.1 Deneyisel Çalışma	46
5.1.1 Birinci düzeneğin uygulaması	49

5.1.2 İkinci düzeneğin uygulaması	50
5.1.3 Üçüncü düzeneğin uygulaması	51
5.1.4 Dördüncü düzeneğin uygulaması.....	52
5.2 DeneySEL Çalışmanın Sonuçları.....	53
6. SONUÇ VE TARTIŞMA	57
KAYNAKLAR.....	59
EKLER.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	69



KISALTMALAR

SURF	: Speeded Up Robust Features
SIFT	: Scale-Invariant Feature Transform
DoG	: Difference of Gaussians
KNN	: K-Nearest Neighbours
SOM	: Self Organizing Map
CNN	: Convolutional Neural Network
NARMS	: National Association For Retail Marketing Services



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 5.1: SIFT ve SURF karşılaştırma tablosu.....	55
Çizelge 5.2: Her bir düzenek için SIFT ve SURF algoritmalarının metrikleri.....	56





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Planogram örneği [35].	5
Şekil 2.2: Planogram uyumluluğunun tarifi [34].	8
Şekil 2.3: Planogram uyumluluk grafiği [34].	9
Şekil 3.1: Blob belirleme algoritması akış diyagramı.	18
Şekil 3.2: Şablon eşleştirme yöntemi akış diyagramı.	19
Şekil 3.3: Gauss konvolüsyonu sonucu yakınsama [14].	20
Şekil 3.4: Görüntünün boyutunu küçültmek yerine integralinin kullanılması [1].	21
Şekil 3.5: Oryantasyon yönteminin temsili gösterimi [30].	22
Şekil 3.6: Açıklayıcı bileşen vektörlerinin hesaplanması [30].	23
Şekil 3.7: SURF öznelik belirleme akış diyagramı.	23
Şekil 3.8: DoG görüntülerinin elde edilmesi [24].	25
Şekil 3.9: Oryantasyon Ataması [24].	26
Şekil 3.10: Gradyan yönü histogramı [24].	26
Şekil 3.11: Kilit nokta çerçevesi [31].	27
Şekil 3.12: 8 parçalı oryantasyon histogramı [31].	27
Şekil 3.13: SIFT akış diyagramı.	28
Şekil 4.1: Önerilen yöntemin akış diyagramı.	32
Şekil 4.2: Referans ürün.	34
Şekil 4.3: Referans ürünü içeren raf.	34
Şekil 4.4: KNN sınıflandırma örneği [33].	35
Şekil 4.5: Özneliklerin eşleştirilmesi.	37
Şekil 4.6: Homografi [3].	38
Şekil 4.7: Referans ürünün perspektif dönüşümü.	39
Şekil 4.8: Perspektif dönüşümü [32].	40
Şekil 4.9: Ürünün rafta tespit edilmesi.	41
Şekil 4.10: Referans yerleşime ait bir raf (R).	42
Şekil 4.11: R'ye ait komşuluk matrisi.	42
Şekil 4.12: Gözlenen planograma ait bir raf (G).	43
Şekil 4.13: Komşuluk matrisi (G).	43
Şekil 5.1: Raf görüntüsü: Gözlemlenen yerleşim.	47
Şekil 5.2: Birinci düzenekte kullanılan referans yerleşim.	47
Şekil 5.3: İkinci düzenekte kullanılan referans yerleşim.	48
Şekil 5.4: Üçüncü düzenekte kullanılan referans yerleşim.	48



PLANOGRAM UYUMLULUĞUNUN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE ANALİZİ

ÖZET

Planogramlar perakende mağazalarında ürünlerin ideal raf dizilimlerini ve yerleşim planını belirleyen modellerdir. Ürünlerin planograma uygun olarak dizilmesi perakende mağazasının karlılığına ve gelirine pozitif etki yapmaktadır. Bu planogramlar, pek çok analist ve stratejistin kullanıcı deneyimleri, insan psikolojisi, tüketici alışkanlıkları, satış istatistikleri ve buna benzer pek çok faktörü değerlendirmesi sonucunda oluşturulmaktadır. Örneğin bir mağazada şekerleme reyonunun kasaya yakın tutulması, promosyonlu ürünlerin dikkat çekici afişlerle vurgulanması bu planogram çalışmasının bir parçasıdır.

Pek çok mağaza bir planograma bağlı olarak raf yerleşimlerini yapmaktadır. Fakat mağazalarda planograma uygun olarak dizilen ve yerleştirilen ürünlerin zaman içinde dizilimi bozulmakta ve ürünler düzen dışına çıkmaktadır. Buna müşterilerin inceledikleri ürünü aldıkları yere geri bırakmaması, ürünün stoğunun bitmesi veya raftaki ürünlerin düşmesi ya da yönünün değişmesi gibi pek çok faktör sebep olabilmektedir. Tüm bu sebeplerden kaynaklı planogram bozulmasının takibini çoğunlukla mağaza personeli yapmaktadır. Bu oldukça maliyetli bir iştir. Çoğu mağazada, mağaza personelinin müşterilere ve mağazanın işlerine ayırdığı zamanın dışında ek olarak bu sorumluluğu üstlenmesi gerekmektedir. Personeller önce tüm raflara ait planogramları bulduktan sonra bu planogramları referans alarak mağazadaki rafları tek tek tarayıp uyumsuzluk olup olmadığını tespit etmeye çalışmaktadır. Mağazadaki raf ve ürün sayısı göz önünde bulundurulduğunda ne denli zahmetli ve hataya açık bir iş olduğu aşikardır.

Günümüzde görüntü elde etme imkanları oldukça yaygınlaşmış ve pek çok cihazın içine kamera ya da fotoğraf makinesi yerleştirilebilir hale gelmiştir. Ayrıca artık neredeyse herkesin cebinde fotoğraf çekebilme ve video kaydedebilme özellikli akıllı telefonlar bulunmaktadır. Raf görüntülerinin belirli periyotlarla bu cihazlar aracılığı ile alınıp kaydedildiği ve bu görüntüler üzerinde görüntü işleme teknikleri ile raflardaki ürünlerin ve konumlarının tespit edilebildiği bir sistem planogram uyumluluğunun insan gücü olmaksızın teknoloji odaklı tespit edilmesini sağlayacaktır. Görüntü işleme teknikleri ve makine öğrenmesi algoritmalarının iç içe kullanıldığı bilgisayarlı görüntü analizlerinde yüksek başarı oranı ile nesne tanıma çalışmaları yapılabilmektedir.

Bu çalışmada, mağazadan elde edilen referans planogram, mağazada anlık gözlemlenen raf görüntüleri ve rafta yer alan ürünlerin tekli referans görüntüleri kullanılarak, görüntü işleme teknikleri yardımıyla planogram uyumluluğunun tespiti üzerine bir sistem geliştirilmeye çalışılmıştır. Planogramdaki ve gözlenen raflardaki

ürünler görüntü işleme teknikleri yardımıyla, SIFT ve SURF öznitelik eşleştirme yöntemleri ile tespit edilerek ve bu tespit edilen ürünlerin birbirleri ile oluşturdukları komşuluk matrisleri kullanılarak planogram uyumluluğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Planogram uyumluluğunun teknoloji odaklı bir yöntemle tespit edilmesiyle perakende mağazalarında verimlilik artışı sağlanması hedeflenmektedir. Mağaza personellerinin asıl sorumluluğunun yanında takip etmeye çalıştığı planogram uyumluluğu teknoloji yardımıyla tespit edildiğinde, personeller müşterilere daha fazla vakit ayırıp asıl sorumluluklarına odaklanabileceklerdir. Bunun yanında planogram uyumluluğu da insan takibine kıyasla daha yüksek bir doğruluk oranıyla ve düşük maliyetle takip edilebilecektir.



DETERMINATION OF PLANOGRAM COMPLIANCE WITH IMAGE PROCESSING TECHNIQUES

SUMMARY

Planograms are models that determine the ideal shelf arrangement and layout of products in retail stores. Arrangement of products in accordance with the planogram has a positive effect on the profitability and income of the retail store. These planograms are created as a result of many analysts and strategists evaluating user experiences, human psychology, consumer habits, sales statistics and many other factors. For example, keeping the candy aisle close to the counter in a store and emphasizing promotional products with remarkable posters are part of this planogram study.

Many retailer make shelf layouts depending on a planogram. However, the products arranged and placed in stores in accordance with the planogram are disordered over time and the products go out of order. This can be caused by a number of factors, such as customers failure to return the product they are examining to, where the product has run out of stock, or if products on the shelf have fallen or changed direction. All these reasons are mostly monitored by store personnel. This is quite costly. In most stores, store personnel are additionally required to take on this responsibility beyond the time they devote to customers and the work of the store. First of all, the personnel find the planograms of the shelves and then try to find out if there is any inconsistency by scanning these shelves one by one. Considering the number of shelves and products in the store, it is obvious how troublesome and error-prone this job is.

Nowadays, the possibilities of image acquisition have become widespread and camera can be placed in many devices. In addition, smartphones are now available in almost everyone's pocket for taking photos and recording videos. Thus, a system that is able to take and record shelf images by such devices at certain periods and process these images by image processing techniques to detect products and their positions on the shelves will allow automatic planogram compliance checking without manpower. In computer vision systems where image processing techniques and machine learning algorithms are nested, object recognition studies can be performed with high success rate.

In this study, a system is being developed to determine the planogram compliance. The system, involving image processing techniques, uses reference planograms, shelf images observed in the store and single reference images of the products on the shelf. With the help of image processing techniques, the products in the planogram and the observed shelves were determined by SIFT and SURF attribute matching methods and the planogram compatibility was tried to be determined by using adjacent matrices created by these determined products. By determining the compatibility of planogram with a technology-oriented method, it is aimed to increase productivity in retail stores. When the planogram compatibility that the store staff tries to follow besides its main responsibility is determined with the help of technology, the staff will be able to devote more time to the customers and focus on their main responsibilities. In addition, planogram compatibility can be followed with higher accuracy and lower costs compared to human tracking.

In this study, a system capable of determining planogram compatibility for the shelves in retail stores has been developed by making use of only reference planogram, observed shelf image and a model image information for each product. It is an important achievement that such a study can be done with the image processing techniques used in the system without requiring a large amount of data. In studies using deep learning techniques such as CNN used in object recognition systems, although the high success rate is generally achieved, the amount of data needed to start the study is very large and this large data set requires the tagging effort to include the test classes that are intended to be classified, so that it can be wider to use this method. it requires time and more effort.

The thesis study consists of five sections. In the introduction section, which is the first part of the thesis, a detailed definition of the problem that is the subject of the thesis study has been made. The purpose of the study is mentioned and the feasibility and cost of the solution that can be developed for the problem are mentioned.

In the literature research section, which is the second part of the thesis, the concept of planogram is examined and its purpose and gains and planogram compatibility are discussed. In other words, the importance and components of planogram compatibility are mentioned and what problems can be contributed to the solution of retail stores. In addition, the difficulties in the implementation of the planogram are explained and the suggestions about the solutions that can be developed are mentioned. The methods and algorithms used in image processing and computer imaging techniques are mentioned in detail.

Object recognition algorithms used in image processing are expected to give different results depending on factors such as the quality of the images, the light of the environment, and the differences in perspective of the images to be compared. In order to reduce the error detection scenarios related to these factors, the algorithm that works best with the conditions of the situation should be selected. By using normalization processes such as filtering of noises other than the products sought in

the images used as inputs, it may positively affect the stability and success rate of the system.

In the third part of the thesis, the methods used for product recognition on store shelves are mentioned. The algorithm details of each method are mentioned. The methods were compared with each other and the pros and cons were evaluated.

In the fourth section of the thesis proposed method, the solution tried to be developed in order to ensure planogram compatibility is mentioned. The steps of the designed method are explained in detail, and a flow diagram summarizing the system's operation is presented.

In the experimental study and results section, which is the fifth section of the thesis, the details and results of the application designed using the method detailed in the third section are mentioned. In the experimental study, planogram and shelf compatibility were tried to be determined by using image processing techniques. The location of the products was determined on the images taken under appropriate conditions and neighborhood matrices were calculated. By comparing the neighbor matrices of the rack and planogram, planogram compliance or noncompliance was determined.

In the last section of study, further researches and possible improvement has been mentioned.

The determination of planogram compliance with the help of technology will have direct effects such as more efficient use of human resources and cost savings in stores and markets that work with the rack layout. By maintaining planogram compliance, its indirect effect on sales will be better measurable.



1. GİRİŞ

Bir market ya da perakende mağazasının yönetimi zaman alıcı ve maliyetli bir iştir. Gün içerisinde mağazayı ziyaret eden onlarca müşteri yüzlerce rafta ürünleri incelemektedir. Bu ziyaretler sırasında, gerek ürünün satılması gerekse incelendikten sonra farklı rafa bırakılması gibi faktörlerden kaynaklı olarak mağazadaki raf düzeni bozulmaktadır. Bu günlük işleyiş sırasında mağazanın raf düzeninin korunması genellikle mağaza personelinin ekstra gayreti ile sağlanmaya çalışılmakta hatta çoğunlukla da sağlanamamaktadır. Mağaza personelinin bunun yanında gün içinde müşterilere ürünler hakkında bilgi vermek, kasada satış yapmak, mağazanın günlük işleyişini sağlamak gibi pek çok görevi de vardır. Dolayısıyla geniş zaman harcamasını gerektirecek şekilde tüm rafların düzenini diğer işlerinin yanında takip etmesi her zaman mümkün olmayabilmektedir.

Mağazadaki raflarda idealde olması gereken dizilimi belirleyen bir plan mevcuttur. Bu plana planogram denir. Planogramlar müşterilerin eğilimleri ve ürünlerin özellikleri göz önünde bulundurularak en çok satışı yapıp en yüksek karı elde etmek amacıyla hazırlanırlar [5]. Rafta hangi ürünün nerede konumlanacağı, rafta kaç adet ürün bulunacağı gibi sorulara cevap verirler. Rafları planograma uygun olarak dolu tutmanın mağazanın karlılığını arttırdığı yapılan araştırmalar ve takipler sonucunda tespit edilmiştir [5]. Planogram uyumluluğu müşterilerin hep aynı dizilime alışması ile müşteri sadakatini de beraberinde getirmektedir. Aradığı ürünü rafta uzun süre bulamayan müşteriler ürünü almaktan vazgeçebilmekte ve mağazadan alışveriş yapmadan ayrılabilirler.

Planogram uyumluluğu problemi mağazadaki insan kaynaklarını daha etkin bir şekilde koordine etme imkanı sağlayan, gerçek zamanlı olarak mağaza yöneticisine daha güvenilir bilgi sağlayan teknolojiler kullanılarak çözüldüğü takdirde verimliliğe daha büyük katkısı olacak ve zaman, çaba ve maliyet gibi kaynaklardan ciddi tasarruf sağlayacaktır. Raf analizi ve planogram uyumluluğunun takibi gibi yoğun çaba gerektiren işlerin görüntü işleme ve bilgisayarlı görüntüleme teknikleri kullanılarak sistemler tarafından anlık takip edilebilir hale getirilmesi mağaza yönetimi açısından

da yenilik ve farklılaşma sağlayacak, rekabet avantajı yaratacaktır. Üstelik bu teknolojinin mağazalarda kullanılması için gerekli olan kamera ya da fotoğraf makinası artık cep telefonlarının içinde bile kolaylıkla herkesin erişimindedir.

Mağaza raflarını belirli periyotlarla videoya kaydedecek ya da fotoğrafını çekecek bir cihaz ya da periyodik zamanlarla bunu yapacak bir personel ile sistemin ihtiyaç duyduğu tüm donanım ve veri karşılanabilmektedir. Bu bakımdan sistemin maliyeti çok düşüktür ve sağladığı katma değer ile karşılaştırıldığında değeri oldukça net anlaşılmaktadır.

Hem literatürde hem de pratik dünyada planogram uyumluluğunun teknoloji esaslı takibi (otomasyonu) önemli bir problem alanıdır. O yüzden bu konu seçilmiştir. Teknoloji entegrasyonu ile planogram uyumluluğu anlık olarak takip edilebilir hale getirildiğinde, planogram uyumsuzluğuna sebep olan rafın bilgisi mağaza yöneticisine anlık gönderilecek, mağaza yöneticisi de ilgili mağaza personeli görevlendirip uyumsuzluğa sebep olan ürünler ilgili düzenlemenin en kısa sürede yapılmasını sağlayacaktır. Böylelikle hem planogram uyumluluğu takibi için gerekli asgari iş gücü azalacak, hem müşteriler mağazada alıştıkları deneyimi sürekli yaşama imkanı elde edip memnun olacaklar, hem de mağazanın satışları ve buna bağlı olarak karlılığı artacaktır.

Bu çalışmada tez konusu olarak, planogram uyumluluğunun bilgisayarlı görüntüleme ve görüntü işleme teknikleri ile tespit edilmesi seçilmiştir. Bu işlemin nasıl yapılacağı hangi yöntemler kullanılacağı bilimsel bir bakış açısıyla anlatılmaya çalışılacaktır. Tez çalışmasında görüntü işleme tekniklerini kullanarak planogram uyumluluğunu yüksek başarı oranıyla tespit edecek bir yöntem geliştirilmesi hedeflenmektedir. Literatürde bu alanda yapılan çalışmalara katkı olarak özgün bir yaklaşım geliştirmeye çalışılmıştır. Referans yerleşim ve gözlenen yerleşimlerdeki ürünler SIFT ve SURF algoritmaları ile tespit edilmiştir. Tespiti yapılan ürünlerin görüntülerdeki piksel değerleri kullanılarak, görüntü içindeki konumları belirlenmiş, komşuluk matrisleri oluşturulmuş ve matematiksel forma dönüştürülmüştür. Çalışmanın diğer yöntemlerden farklılaşıp özgün bir yöntem önerdiği en önemli kısmı burasıdır. Çalışmada deneysel bir yaklaşım izlenmiştir. Geliştirilen yöntemle dört farklı referans yerleşim, bir raf görüntüsü ile karşılaştırılarak planogram uyumluluğu tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu deneysel çalışmadaki uyumluluk tespiti,

tez çalışmasında detayları anlatılan yöntemin python programlama dili ile geliştirilmesi sonucu elde edilen bir uygulama ile yapılmıştır. Tez çalışmasında planogram uyumluluğu problemini çözmek için, görüntü işleme tekniklerinin tercih edilmesinde, bu yöntemin derin öğrenme gibi alternatif yöntemlere kıyasla daha az veriyle çalışma imkanı sunmasıdır. Derin öğrenme algoritmaları eğitim aşamasında çok büyük veri setine ihtiyaç duymaktadır. Bu veri elde edildikten sonra da çalışmaya başlamak ve uygulama geliştirebilmek için donanım ve bellek anlamında da maliyetli ön gereksinimleri mevcuttur. Görüntü işleme teknikleri, derin öğrenmenin aksine az miktarda veri ile başarılı ürün tespiti yapabilmektedir. Ayrıca uçtan uca uygulama geliştirme süreleri derin öğrenme ile karşılaştırıldığında daha kısadır. Tüm bu sebeplerden ötürü problemin çözümünde yöntem olarak görüntü işleme teknikleri tercih edilmiştir.

Tezin ikinci bölümü olan literatür araştırması bölümünde planogram kavramı incelenip, kullanım amacı ve kazanımları ile planogram uyumluluğu ele alınmıştır. Bir başka deyişle, planogram uyumluluğunun öneminden ve bileşenlerinden bahsedilip perakende mağazalarındaki hangi sorunların çözümüne katkı sağlayabileceğinden bahsedilmiştir. Ayrıca planogramın uygulanmasındaki zorluklar anlatılmış ve bunun geliştirilebilecek çözümler hakkında sunulan önerilerden bahsedilmiştir. Görüntü işleme ve bilgisayarlı görüntüleme tekniklerinde kullanılan yöntem ve algoritmalarından detaylarıyla bahsedilmiştir.

Tezin üçüncü bölümü olan önerilen yöntem bölümünde planogram uyumluluğunun sağlanması amacıyla geliştirilmeye çalışılan çözümden bahsedilmiştir. Tasarlanan yöntemin adımları detaylarıyla anlatılmış, sistemin çalışmasını özetleyen akış diyagramı sunulmuştur.

Tezin dördüncü bölümü olan uygulama ve sonuçları bölümünde, üçüncü bölümde detaylarıyla bahsedilen yöntemi kullanarak tasarlanan uygulamanın detaylarından ve sonuçlarından bahsedilmiştir.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Planogram

Perakende mağazalarında satışları en üst seviyeye taşımak amacıyla ürünlerin raflardaki yerleşimlerini belirten diyagram veya modellere planogram denmektedir [5]. Planogram ağırlıklı olarak perakende sektöründe kullanılmaktadır. Hangi ürünün nerede konumlanacağı ve o üründen kaç adet olacağı gibi kurallar, satış geliştirme yöntemlerine göre belirlenmektedir. Şekil 2.1’de örnek bir planogram gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Planogram örneği [35].

Planogram, perakende operasyonları, ürün yerleştirme ve pazarlama kararları ve müşteri deneyimi için kullanılır, böylece bir ürünün doğru düzende kalmasını sağlayarak, marka sadakatini ve sonuç olarak müşteri memnuniyetini artırabilir [16].

2.1.1 Planogramın kullanım amacı ve kazanımları

Planogramın en temel amacı satışları en üst düzeye taşımaktır. Bunun yanında, mağaza düzeninin oluşturulmasına ve devamlılığın sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Mağaza personelini veriye dayalı alan tahsisi konusunda güncel olarak bilgilendirmektedir. Ayrıca mağazanın hangi üründen ne kadar elinde bulundurması gerektiği konusunda bilgi sağlayarak stok yönetimine de yardımcı olur. Mevcut ürünlerin raflarda ne kadar tutulması gerektiğine dair mağaza çalışanlarını bilgilendirir. Elde edilen veriler gelişmiş bir raporlama sistemi ile takip edilip doğru yorumlanırsa karlılığın en üst düzeye çıkartılmasına yardımcı olur. Planogram perakende mağazasının tüm şubelerinde aynı dizilimin olması ve müşterinin aynı deneyimi yaşayabilmesi açısından da oldukça yararlıdır. Raf alanı optimizasyonu perakende endüstrilerinde ana konudur.

Ürün seçimi ve raf yerleşimi perakendeciler için ana faaliyetlerdir. Bir perakendecinin, müşterilerinin ihtiyaçlarını karşılamak ve kârını en üst düzeye çıkarmak için en iyi ürün çeşitliliğini sunması gerekmektedir. Müşteriler için özgür bir seçim sisteminde, perakendeci, gerçekten müşterinin ihtiyaçlarını tam karşılayacak ürün rafta olmasa bile, diğer ürünlerin satın alınmasını teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Birçok raf düzeni, stratejik seçimlere göre, ürünü daha çekici hale getirmek (örneğin, çilekler ve çırpılmış krema genellikle yan yana konumlandırılır) ve satışları arttırmak için konumlandırılır. Müşteri aradığı ürünü bulamadığında 4 farklı davranıştan birini sergiler.

- Alternatif bir ürün almak
- Başka bir zaman almak üzere ertelemek
- Satın almaktan vazgeçmek
- Başka bir mağazadan almak

İlk iki seçim mağaza açısından bir gelir kaybına sebep olmaz fakat sonraki iki müşteri davranışı mağaza açısında gelir kaybı demektir [15].

Bu sorunlara çözüm için bir görüntüleme sistemi ile, ürünlerle istiflenmiş rafların görüntülerinden, herhangi bir zamanda mağazada mevcut bir ürün envanteri oluşturmak, planını ilişkilendirmek ve doğrulamak amaçlı destek alınabilir [19].

2.1.2 Temel problemler ve etkileri

Tonioni and Stefano [5] çalışmalarında, müşterilerin %31'inin aradığı ürünü rafta olması gereken yerde bulamadığı için bu müşterilerin %22'sinin başka marka bir ürünü almayı tercih ettiği, %11'nin ise ürünü almaktan vazgeçtiğini gözlemlemiştir. Aynı çalışmada, rafları planograma uygun olarak dolu tutmanın, iki haftada satışlarda %7.8 ve toplam gelirde %8.1 oranında artışa sebep olduğu gösterilmiştir.

Bu çalışmanın da gösterdiği üzere, planogram uyumsuzluğu mağazada satışları düşürmektedir. Planogramın uyumlu olduğu mağazalarda ise gelir artışı istatistiklere yansımıştır.

Genel olarak stok dışı ürünler perakende sektörü için önemli ölçüde kar kaybına neden olduğu kabul edilmektedir. Hausrucking ve diğerleri (2003) bu zararı son on yılda yılda 4 milyar avro olarak belirlemiştir ve bu durum, raf alanı tahsis sorunuyla yüzleşmenin önemini güçlendirmektedir.

Bir ürün, mağaza deposunda bulunmaması veya mağaza deposunda bulunması ancak raf henüz doldurulmamış olması nedeniyle stok dışı olabilir. İlk durumda, ikmal için ürünün yetersizliği dış lojistik nedenlerden kaynaklanmaktadır (örneğin, siparişler sırasındaki hatalar, tedarikçilerin gecikmesi, bozulabilir malların tarihi vb.). İkinci durumda stok problemi ise, çalışanları, mağaza yöneticisini ve yeniden dolum planlama politikasını içeren dahili lojistik konularına bağlıdır [15].

2.2 Planogram Uyumluluğu

Planogramın kazanımlarının gerçeğe dönüşebilmesi ve yapılan yatırımın geri dönüşü için perakende mağazalarında rafların planogram uyumluluğu önem kazanmaktadır. Şekil 2.2'de vurgulandığı üzere planogramda amaç doğru ürünü, doğru yerde, doğru miktarda, doğru fiyata ve doğru zamanda elde etmektir. Tüm ürünler planograma göre ayarlandığında, bir raf seti veya bir donanım tamamen uyumlu olarak kabul edilir. Bu ancak ürünler doğru yerlerinde, doğru miktarlarda, doğru yüzeylerde ve doğru ürün ve fiyat bilgilerini gösteren raf etiketleriyle birlikte olursa sağlanır [27]. Ortalama olarak, mağaza rafları sadece birkaç saniye boyunca müşterinin dikkatini çekiyor. Bu nedenle, % 100 uyumluluk ile yürütülen bir planogram, satış yapmak veya kaybetmek arasındaki fark olabilir.

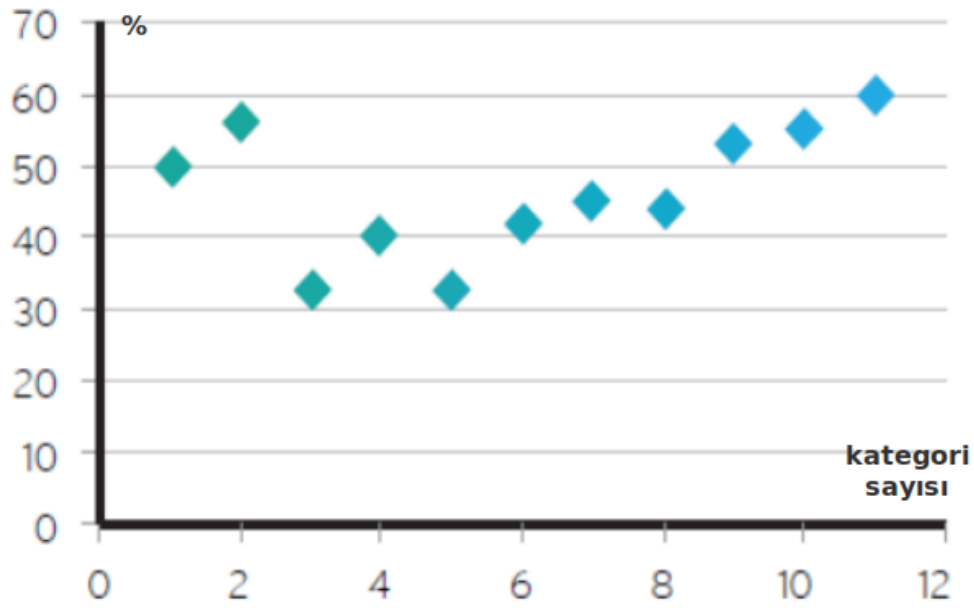


Şekil 2.2: Planogram uyumluluğunun tarifi [34].

Perakendeciler planogramlara yatırım yapmaya devam ederken, çok azı planogram uyumluluğu alanında ilerleme kaydetmiştir. Bu konu hakkında on yıldan uzun bir süre önce Ulusal Perakende Pazarlama Hizmetleri Birliği (NARMS) tarafından bir araştırma yapılmış ve incelenen mağazaların %44'ünün 13 haftalık çalışma süresi içinde bir planogramı başarıyla uygulayamadığı saptanmıştır. Aynı sorun perakendeciler için günümüzde de devam etmektedir.

Günümüz koşullarını daha iyi analiz edebilmek için, shelvesnap adında mağaza içi uygunluk ve analitik çözüm sağlayıcısı olarak hizmet veren firma Amerika Birleşik Devletleri'nde belli marketlerde bir araştırma yapmıştır [34]. Araştırmada 11 perakende kategorisinde mağazaya özgü planogram ile gerçekteki raf dizilimi karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak ortalamada ürünlerin sadece %70'inde planograma uygun olarak takip edilen bir plan saptanmıştır.

Aynı firmanın daha güncel bir çalışmasında ise 11 kategoride uyumluluğun %60'ın altına düştüğü görülmüştür. Şekil 2.3'te gösterilen bu çalışma ile yıllar içinde planogram uygunluğu ile ilgili çok fazla gelişme kaydedilmediği hatta durumun daha da kötüye gittiği görülmektedir.



Şekil 2.3: Planogram uyumluluk grafiği [34].

2.2.1 Planogram uyumluluğunun önemi

Planogram uyumluluğu sağlanmadan, perakendeciler planogramlarının etkinliğini tam olarak ölçemezler. En iyi uygulama bile, eğer ilk uygulama % 100 doğru değilse ve planogram verisi sürekli güncellenmiyorsa, gittikçe kötüye giden sonuçlar doğuracaktır. Raf alanı kullanımı ve yerleşiminde yapılan hatalardan kaynaklı planogram uyumsuzluğu satışların azalmasına ve stokların tükenmesine neden olabilir. Ayrıca, bir planogram oluşturma veya planlama sürecinde, planlayıcı ilk olarak bir ürünün önceki yerleşimini göz önünde bulunduracak ve bu bilgiye dayanarak ürünün performansını ölçecektir [6]. Bununla birlikte, eğer ürün planograma göre rafta temsil edilmediyse, analiz hatalı olacaktır ve bu durumda, ürünün söz konusu gelire ve kâra katkısı ile ilgili sorular açıklığa kavuşmayacaktır.

Diğer yandan planogram uyumu, rafta bulunabilirliği geliştirmesi ve stoğu tamamlama faaliyetlerini azaltması sayesinde daha etkin bir envanter yönetimine sahip olma imkanı sağlamaktadır [6]. İlk seferde planograma uygun yerleşim mağaza çalışanlarının üretkenliğini de arttıracaktır. Özellikle, ürün satışlarının yükseldiği mevsimsel ve promosyon dönemlerinde planogram uyumluluğu daha da önemli hale gelmektedir.

Dolayısıyla, doğru planogramın satışları arttırmak, kârı artırmak, yeni bir ürün sunmak, yenilikçi bir satış yaklaşımını desteklemek ve rafları daha iyi yönetmek gibi

pek çok faydası mevcuttur. Doğru planogramdan sapmak, bu hedeflerden herhangi birine ulaşmayı engelleyebilir [16].

2.2.2 Planogram uyumluluğunun bileşenleri

Bu bölümde perakende mağazalarında ideal planogram uyumluluğu ve doğru bir raf seti elde etmek için dikkat edilmesi gereken unsurlardan bahsedilecektir.

Taşınabilir birimlerin ve sabit demirbaşların çeşitliliği, yerleşimi, mağaza planlamasının en kritik aşamaları arasındadır. Planogramlar, ürün yerleşimi, olması gereken raf genişliği, yüksekliği, derinliği ve bazen tanıtım malzemelerinin yerleşimi hakkında bilgi sağlar [5]. Ürün yerleşimi ile ilgili bu parametrelere detaylı şekilde düşünülüp karar verilmelidir.

Bu parametreler aşağıdaki gibi listelenebilir.

- Taşınabilir birimlerin ve sabit demirbaşların boyutu ve yerleşimi
- Ürünlerin boyutu ve müşterilerin erişim kolaylığı göz önünde bulundurularak hesaplanmış raf yüksekliği
- Ürünün hangi rafta ve rafın neresine yerleştirilmesi gerektiği
- Ürünün hangi yüzünün müşterilere sergilenmesi gerektiği
- Raflarda geriye doğru kaç adet ürünün yerleştirilmesi gerektiği
- Raftaki ürün etiketlerinin yerleşimi ve müşterinin rahatça okuyabilmesi
- Ürünle ilgili ücret bilgilerinin doğru şekilde gösterilmesi

2.3 Planogram Uyumsuzluğunun Sebepleri

Perakende mağazalarındaki planogram uyumsuzluğu pek çok faktöre bağlı olarak oluşmaktadır. Bunun en başlıca sebeplerinden bir tanesi, perakendecilerin planogram uyumluluğunu ölçmede herhangi bir yöntem takip etmemesidir. Perakende mağazaları arasında yapılan araştırmada, mağazada planogram uyumluluk oranını ölçmek için kullanılan bir yöntem olup olmadığı sorulmuştur. Perakendecilerin yalnızca %57'si bu soruya evet yanıtı verirken, %35'i hayır, %8'i ise fikrim yok yanıtını vermiştir [34]. Diğer faktörler aşağıda başlıklar halinde incelenmiştir.

2.3.1 Şirket verisi ile mağaza verisinin örtüşmemesi

Kurumsal firmalar genellikle zincir halinde çalışırlar. Zincir içindeki mağazaların sabit bölümleri ve demirbaşların boyutları değişkenlik gösterebilmektedir. Firmalar da planogramı bunu göz önünde bulundurmadan tasarlayabilmektedir. Bu spesifik yerel detaylara yeterli önem gösterilmediği durumlarda mağazalarda yeterli alan kalmamaktadır. Bazen bu uyumsuzluktan kaynaklı olarak envanterde stok fazlalığı olan satış hızı düşük ürünler, çok daha hızlı tüketilen ürünlerin yerine raflarda yer alabilmektedir. Böyle durumlarda genellikle mağazalar en optimum yerleşimi yapabilmek için kendi içinde karar almakta özgür bırakılmaktadır.

2.3.2 Partnerler ile işbirliği eksikliği

Planogramlar genellikle firmaların kurumsal merkezlerinde, mağazalara çok fazla geri bildirim yapma imkanı olmadan hazırlanmaktadır. Dolayısıyla mağaza personellerinin ve perakendecilerin çok azının yerleşim ile ilgili uygun olmayan konulara müdahale hakkı bulunmaktadır.

2.3.3 Mağaza personelinin iş yoğunluğu

İş yoğunluğu ve müşterilere ayrılan zaman sebebiyle bazen mağaza personelleri raf planlarına yeterli zamanı ayıramamaktadır. Özellikle eğitim eksikliği hata yapma olasılığını arttırmaktadır.

2.3.4 İdeal planı koruyamama

Bazı perakende mağazaları ilk kurulunda %100 planogram uyumluluğuyla faaliyet gösterirken, ürünler satıldıkça ve zaman geçtikçe bu uyumu koruyamamaktadırlar. Yapılan çalışmalar mağazalarda planogramın her hafta %10 oranında bozulduğunu göstermektedir [34].

2.3.5 Önlenemeyen raf ikmali hataları

Bu hatalar genellikle mağaza personelinin yoğunluk sebebiyle ürünü planogramda belirtilen yer yerine boş bulduğu bir yere koyması sonucu oluşmaktadır. Bu hatanın müşteri tarafında algısı ürünün stok dışı olduğu ya da artık satılmadığı şeklinde olmaktadır.

2.4 Planogram Uyumsuzluğunun Finansal Etkileri

Minimum planogram uyumluluğu, bir perakendecinin finansal performansını olumsuz etkileyebilir. Araştırmalara göre, optimum düzeyin altındaki mağazacılık performansı (gerçek ve fırsat maliyetleri) nedeniyle ABD perakende tüketici ürünleri endüstrisinin toplam maliyeti, gıda, ilaç ve kitle kanallarındaki gayri safi hasıla satışlarının yaklaşık %1'idir.

Stoksuz kalma çoğu perakendeci için ciddi bir sorundur. Bu sorunun görülme oranı tüm ürünler genelinde ortalama %8,3 ve hızlı tüketim ürünlerinde %10'un üstündedir. Bunların yaklaşık dörtte üçü, uyumsuzluk sorunları da dahil olmak üzere perakende mağaza uygulamalarının doğrudan bir sonucudur ve tipik bir perakendecinin net satışlarının yaklaşık %4'üne mal olabilir [20].

P&G tarafından finanse edilen bir araştırmada, planogram uyumluluğundaki %10'luk bir değişikliğin stok oranlarında %1 seviyesinde bir stoksuzluk sorununa yol açabileceğini ve bunun da satış kaybına yol açabileceğini ortaya koymuştur. Aynı araştırma ayrıca, müşterilerin ihtiyaç duydukları ürünü bulamadığında, %31'inin bir rakipten satın alacağı, %15'inin satın alma işlemini geciktireceği ve %9'luk bir kesimin ürünü hiç satın almayacağını göstermiştir [21].

2.5 Planogramın Uygulanmasındaki Zorluklar

Bugün bile, çoğu perakendeci mağazaya özel veya planogram şemasına göre ayarlanmış bir rafın uygunluk derecesini ölçmekte zorlanmaktadır. ISI Network tarafından yürütülen bir ankette, yüksek maliyetin planogram uyumluluk ölçümü eksikliğinin önemli bir nedeni olduğu ortaya kondu [34]. Planogram uyumluluğu genellikle zaman içinde çok hızlı bir şekilde bozulur ve doğruluk düzeyinin belirlenmesi sürekli gözetim ve pahalı araştırmalar gerektirir.

Çok sayıda perakendecinin kanıtlanmış planogram uyumluluk teknolojileri veya uygulamaya özel çözümler hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığı görülmüştür [34]. Sonuç olarak, birçok firma mağazalarındaki uyumluluk düzeyini doğru bir şekilde ölçmek için uygun araçlara sahip değil. Şaşırtıcı bir şekilde, uyumluluğu izlemelerine yardımcı olabilecek teknoloji destekli çözümler yalnızca çok az sayıda perakendeci tarafından kullanılmaktadır.

ISI Network tarafından Şubat 2009'da yürütülen planogram uyumluluk önlemleriyle ilgili ankete göre, katılımcıların %35'i planogram uyumluluğunu izlemek için herhangi bir süreçleri olmadığını belirtti. Sonuçlar, teknoloji destekli çözümlerin göreceli olarak az sayıda perakendeci tarafından kullanıldığını doğruladı. "Evet" yanıtını verenlerin %49'u anlık kontrollere, %46'sı ise mağaza yöneticisi bilgi sistemini kullanarak yaptığı güveniyordu [34].

Öte yandan, depo yönetimi, ikmal organizasyonları, maliyetleri ve personel ile ilgili konular (kullanılabilirlik, zamanlama) gibi iç lojistik sorunları genellikle kısa vadeli kararlarla yürütülmektedir. Rafları yeniden doldurma maliyetleri büyük ölçüde raf yenileme operasyonlarının sıklığı ve yönetiminden, mağaza düzeninden ve personel maliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Çalışanlar genellikle değerli ve zamanları kısıtlı birer kaynaktırlar ve yeniden doldurma görevi, görev listesinde yüksek öncelikli olarak zamanlanmamaktadır. Bu koşullar altında optimum mağaza yönetimi, yönlendirme ve zamanlama kavramlarının önemli bir rol oynadığı çok dinamik bir bağlamdır. Bu da mağaza yöneticilerini uygun bir bilişim teknolojisi yapısı kurmaya ve bunun yanı sıra yeterli bilgi birikimine sahip personel istihdam etmeye zorlar [18].

Teknolojik bir altyapının olmadığı bir perakendecide rafları planogramla sürekli uygun tutabilmek için mağaza çalışanları sürekli mağazanın etrafına bakmalı, ürünleri yenilemeli veya rafları yeniden düzenlemelidir. Ancak, bu yoğun emek gerektiren bir iştir. Rafların yüksek oranda planogram uyumluluğunu sürekli koruyabilmek ve raflardaki ürün miktarını otomatik olarak tespit etmek için, sık sık değişen ve mağaza ikmallerinde yenilenen veya raflardaki miktarı azalan ürünleri yeniden düzenlemek için uyaran bir teknolojiye ihtiyaç vardır [18].

2.6 Planogram Uyumluluk Ölçümü İçin Çözüm Önerileri

Uyumluluğu doğru bir şekilde ölçmek için, raftaki ürünlerin planogramla tam olarak eşleşip eşleşmediği periyodik olarak doğrulanması gereklidir. Bu işlem çoğunlukla manuel yapılmaktadır. Bu da zaman alıcı bir süreçtir ve sık sık yanlış sonuçlar verir. Bu nedenle, perakendecilerin yeni veya güncel teknolojileri keşfetmeleri ve bundan yararlanmaları gereklidir. Perakendecilerin raflarının doğru ve daha az çabayla ikmalini sağlayan çözümleri belirlemeleri veya geliştirmeleri esastır. Bu amaçla literatürde çeşitli teknolojik çözümler önerilmiştir.

Zincir mağazalarda planogramlar genellikle merkez tarafından oluşturulur ve sonra mağaza yöneticilerinin raflardaki ürün düzenlerini buna göre güncelleyebilmeleri için her zincir mağazasına dağıtılır. Öte yandan, merkezin genellikle her zincir mağazasının planogramları tam olarak uygulayıp uygulayamadığını doğrulaması gerekir. Bu doğrulama işlemine planogram uygunluk kontrolü denir. Geleneksel planogram uygunluk kontrolü, yoğun emek gerektiren ve insan hatalarına meyilli olan görsel ve manuel kontroller yapılarak gerçekleştirilir. Son zamanlarda, birçok perakende zinciri bu süreci otomatikleştirmeye çalışmaktadır [17].

Ürün miktarını doğru bir şekilde anlamak için raflardaki ürün sayısı bilinmelidir. Bir ödeme sistemi, envanterde kalan ürünlerin sayısını gösterir. Bununla birlikte, ürünler envanterde olsa bile, verimsiz raf yönetimi nedeniyle raflara ulaşamayabilirler. Başka bir deyişle, raflarda değil, mağaza deposunda bekliyor olabilirler [18]. Bu nedenle, mevcut envanter takip sistemlerini kullanarak raflardaki ürün miktarını doğru bir şekilde anlayamayız.

2.6.1 Görüntü işleme teknolojileri

Görüntü işleme teknolojileri son dönemde gittikçe gelişmekte olan ve problem için en uygun çözümlerden biridir. Hemen hemen herkes tarafından fotoğraf makinesi veya akıllı telefonlardan çekilen dijital fotoğrafları, elektronik veri olarak kullanarak mağazadaki gerçek raf koşullarını doğru bir şekilde yakalamayı amaçlar. Raflara entegre bir kameradan kaydedilen ya da sorumlu mağaza personelinin çektiği fotoğrafları kullanarak geliştirilen bir model ile zaman, efor, doğruluk ve kalite açısından çok verimli bir çözüm tasarlanabilir.

Otomatik planogram uygunluk kontrolü için bilgisayar vizyonuna dayalı teknolojiler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle, sorun, rafların girdi görüntülerini ürün şablonu görüntülerine göre eşleştirerek ürünlerin tespit edildiği ve yerleştirildiği tipik bir nesne algılama sorunu olarak kabul edilmiştir. Bu yaklaşım, genellikle güncel ürün resimleri gerektirir. Ayrıca, ürün satıcılarının dönemsel olarak tanıtım için düzenli değiştirdiği ürün görüntülerinin kalitesine, bakış açılarına ve ürün görüntülerinin varyasyonlarına tabidir [17].

Düşük maliyetli bir çözüm için, rafların görüntüsüne bir görüntü işleme teknolojisi uygulanabilir. Rafta yüksek kullanılabilirlik sağlamak için tavandaki bir gözetim kamerasından çekilen bir video kullanarak perakende mağazalardaki rafları izlemek

mümkündür. Bu görüntülere entegre bir görüntü işleme sistemi raflardaki planogram uyumluluğunu tahmin eder ve uyumsuzluk tespit edildiğinde mağaza görevlilerini ürünleri yenilemek veya rafları yeniden düzenlemek için uyarır [18].

2.6.2 Mobil raf yönetimi teknolojileri

Bu bulut tabanlı hizmet, üreticilerin, saha ve perakende mağaza personelinin talep üzerine planogram ve görüntülerle ilgili tüm verilere akıllı telefon ve tabletlerinde erişmesine veya bir mağazaya girmeden önce planogram verilerini cihazlarına önceden yüklemesine olanak tanır. Mağaza operatörleri ilgili bilgilere güvenli bir platformda gerçek zamanlı olarak erişebilir ve aktarabilir. Planogramları uygulayabilir, yakalayabilir, ve ayrıca uyumluluk raporlaması ve denetimi için raf düzenlerini tarayabilir. Ekipler, raftaki sorunları belirleyerek hemen düzeltmek üzere önlem alabilir. Bu yöntem planogram uyumsuzluğu tespitinde mağaza personelinin emeğini gerektireceği için otomatize çalışan yöntemlere kıyasla verimliliği düşüktür.



3. MAĞAZA RAFLARINDA ÜRÜN TANIMA KONUSUNDA KULLANILAN YÖNTEMLER

Günümüzde kamera kaydı yapma ve fotoğraf çekebilme akıllı telefonların yaygınlaşmasıyla oldukça erişilebilir hale gelmiştir. Bununla birlikte bilgisayar ile görüntü işleme teknikleri de yakın geçmişte çok hızlı ilerlemiştir ve günümüzde de ilerleyişi devam etmektedir. Görüntünün daha kolay erişilebilir olması, görüntü işlemede kullanılan teknik yöntem ve algoritmaların gelişmesi ile birleşince bu alanda yapılan çalışmaların sayısı artmıştır. Artık gelişen teknoloji ile birlikte görüntü üzerinde hareket analizi, görüntü restorasyonu, özellik karşılaştırma gibi tekniklerin kullanıldığı uygulamalar yaygınlaşmıştır [27]. Bu başlık altında, ürün tanıma alanında kullanılan öznitelik çıkarımı ve eşleştirme tekniklerinin detaylarından bahsedilmiştir. Herbir algoritma birbirinden kendine özgü özelliklere sahiptir. Buna bağlı olarak belli bir veri setinde farklı performans göstermeleri beklenen bir durumdur. Algoritmaların alt başlıklar halinde temel özelliklerinden bahsedilmiş ve birbirlerine göre performansları, kullanım alanları, avantajları ve dezavantajları kıyaslanmıştır.

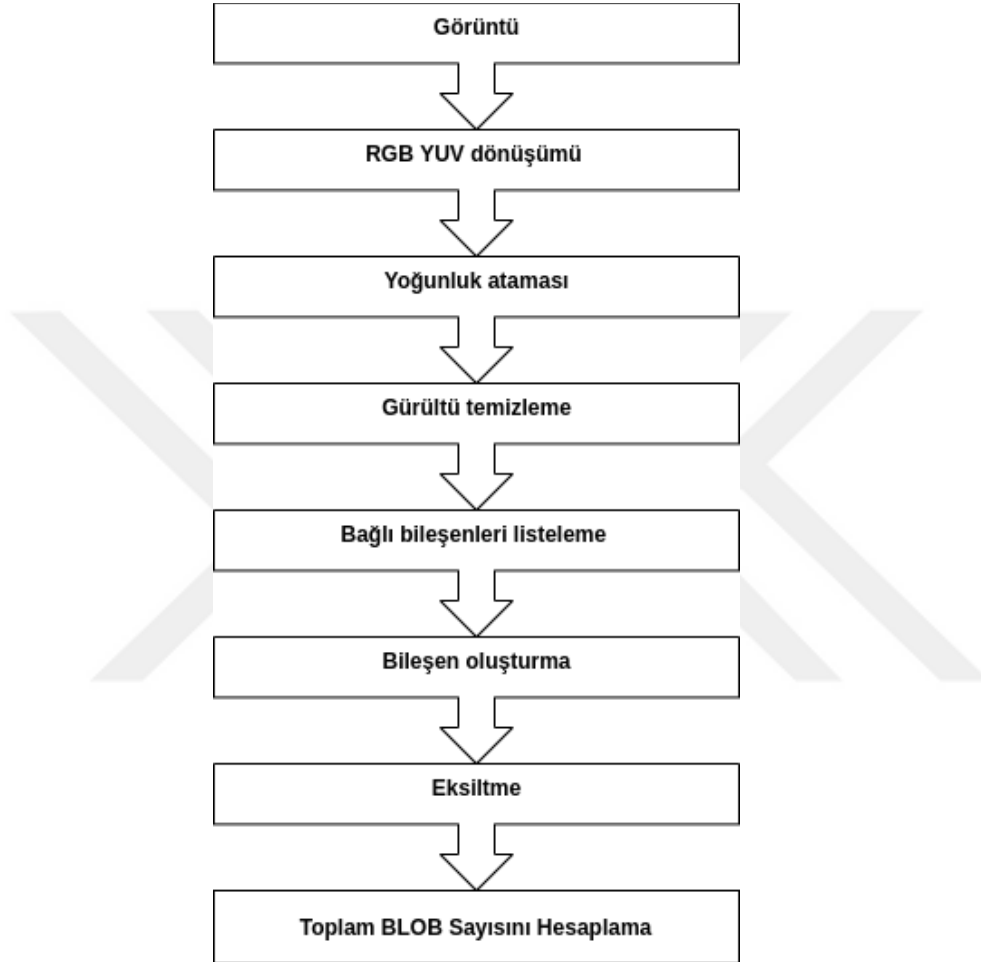
3.1 Öznitelik çıkarımı

Her görüntü kendine has bazı eşsiz öznitelikler barındırmaktadır. Bu öznitelikler görüntü ile ilgili ilgi çekici kısımlara odaklanılarak ortaya çıkarılmaktadır ve görüntünün diğer görüntülerden ayrıştırılmasında kullanılmaktadır. Bununla birlikte görüntü işleme tekniklerinde de temel olarak kullanılmaktadır. Her bir piksel bazında ortaya çıkartılan bu temel özellik bileşenleri eşleştirme yapılacak görüntü üzerindeki pikseller ile karşılaştırılmaktadır [27]. Bu eşleştirme tekniklerinde kullanılan algoritmalarından sırasıyla bahsedilecektir. Bu yöntemler görüntünün tamamı yerine yerel inceleme yapıp önemli noktalar bulmaya çalışır.

3.1.1 Blob belirleme algoritması

Blob tekniği parlaklık, renk ve gölge yoğunluğu gibi farklı özelliklerle zıtlıklar oluşturan bölgeleri tespit etmeye odaklanır [27]. Tespit edilen görüntünün küçük

parçalarından her birine blob adı verilir ve aynı blob içindeki noktalar belli özellikleriyle birbirine benzerlik anlamında tutarlılık gösterir. En çok kullanılan blob yöntemi konvolüsyondur [27]. Blob tekniği görüntü işlemede odak alanı belirleme ve köşe tespit etme işlemlerinde de kullanılır. Şekil 3.1’de algoritmanın nasıl çalıştığı aşama aşama anlatılmıştır.



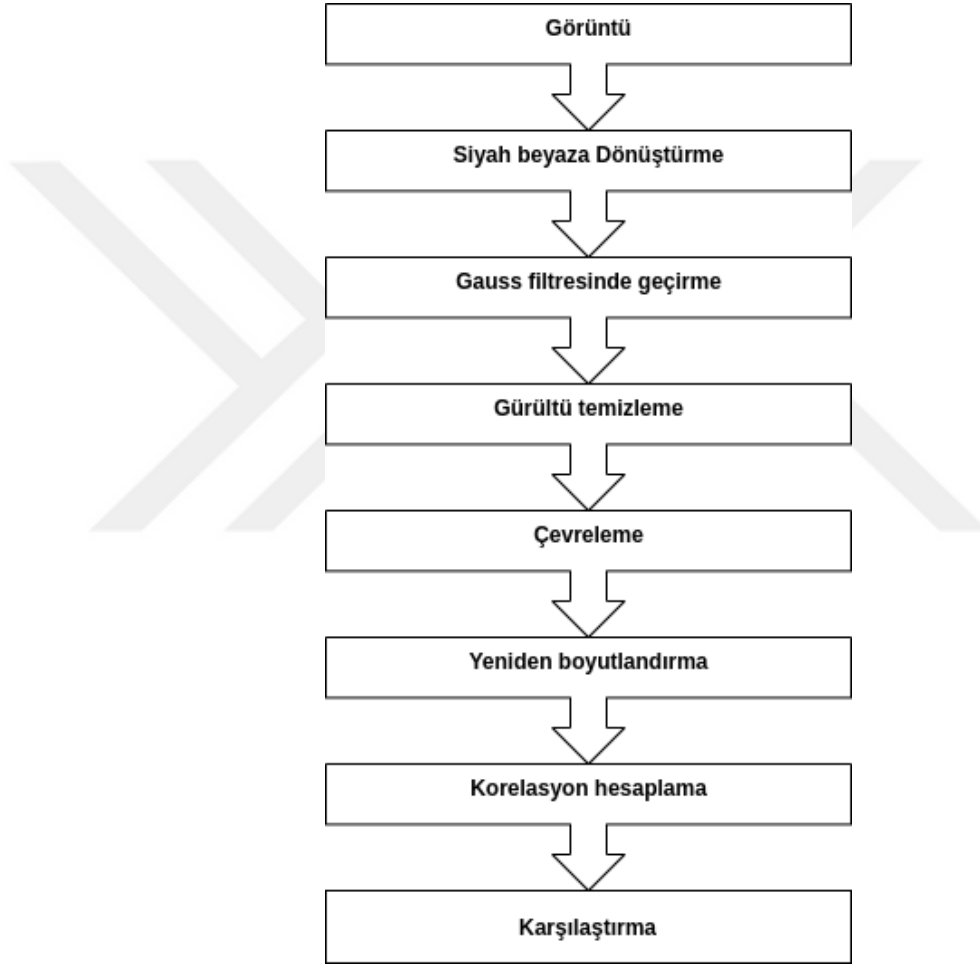
Şekil 3.1: Blob belirleme algoritması akış diyagramı.

3.1.2 Şablon eşleştirme yöntemi

Şablon eşleştirme yüksek seviye bir teknik olup önceden belirlenmiş bir görüntünün yerleşim ve dağılımını referans alarak, incelenen görüntünün içinde referans alınan görüntüye benzer bölümleri ayrıştırır. Şekil 3.2’de akış diyagramı paylaşılan yöntemin adımları aşağıda özetlenmiştir.

- Girdi görüntü siyah beyaz renge dönüştürülür.
- Eksik kenarların ve gürültülerin keskinliğini azaltmak için Gauss filtresinden geçirilir.

- Genişletme, eşikleme ve gürültü pıkselleri silme işlemlerinden geçirilir.
- Tüm farklı beyaz bölgeler ayrı nesneler olarak işaretlenir ve ereve içine alınır.
- Her nesne şablonların boyutlarına göre yeniden boyutlandırılır ve şablonlarla karşılaştırılır.
- şablon görüntü ile test görüntüsü korelasyon işlemine sokulur. En yüksek korelasyon katsayısına sahip görüntü bulunan nesne olarak işaretlenir.
- Tüm şablonlar bir önceki işlemden geçirilerek sonuç karşılaştırılır.



şekil 3.2: şablon eşleştirme yöntemi akış diyagramı.

3.1.3 SURF znitelik belirleme

SURF (Speeded-Up Robust Features) yöntemi, yerel ölçekte değişkenlik içermeyen gösterimler ve görüntülerin karşılaştırılması için hızlı ve sağlam bir algoritmadır [23]. SURF yaklaşımının ana kullanım amacı, hızlı bir şekilde benzerlik hesaplaması yaparak, böylece izleme ve nesne tanıma gibi gerçek zamanlı uygulamalara olanak sağlamaktır.

SURF yöntemi aşağıda belirtilen iki adımdan oluşmaktadır. Bu iki ana adım kendi içinde belirtilen alt aşamaları içermektedir [27].

1. Öznitelik çıkartma
 - Görüntünün integralini alma
 - Hessian matrisi tabanlı odak alanı belirleme
 - Ölçek uzayı gösterimi
2. Öznitelik tanımlama
 - Oryantasyon (yön) atama
 - Açıklayıcı bileşenleri oluşturma

Öznitelik çıkartma ve öznitelik tanımlamanın alt adımları aşağıda anlatılmıştır.

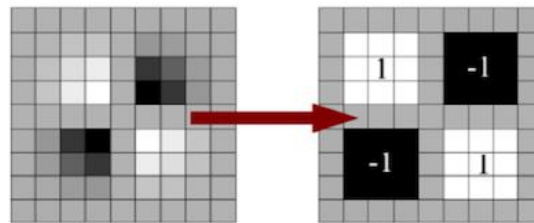
3.1.3.1 Görüntünün integralini alma

İlk kez 1984 yılında kullanılan görüntünün integralini alma tekniğinde görüntünün tamamındaki veya belli bir bölümündeki piksel değerleri hızlı ve efektif bir şekilde toplanır. Bu yöntem görüntüdeki ortalama yoğunluk hesaplamasında da kullanılır [27].

3.1.3.2 Hessian matrisi tabanlı odak alanı belirleme

SURF yöntemi, hesaplamadaki iyi performansı ve hızı sebebiyle hessian matrisini kullanmaktadır. Yöntem, görüntü içinde ölçekleme ve lokasyon seçme işlemlerinde hessian matrisinin determinantını baz almaktadır [1].

Hessian matrisinin determinantını hesaplamak için, önce gauss kernel (çekirdek matris) ile konvolüsyon (evrişim) işlemi uygulanır ardından matrisin ikinci dereceden türevi alınır. Ortaya çıkan yakınsama sonucu kutu filtrelerle adreslenir. Şekil 3.3'te ikinci derece gauss türevlerinin yakınsamasına dair örnek gösterilmiştir.

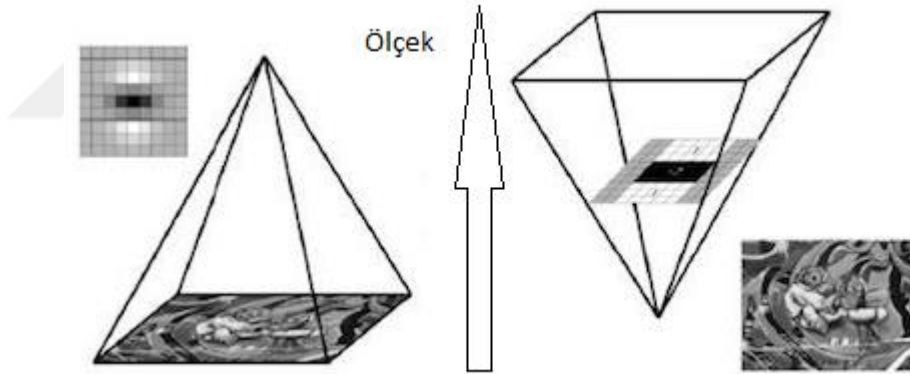


Şekil 3.3: Gauss konvolüsyonu sonucu yakınsama [14].

Bu yaklaşım bütünleşik görüntüler ile birlikte kullanılarak boyutlardan bağımsız çok düşük bir hesaplama maliyetiyle değerlendirme imkanı sunar ve bu SURF yönteminin performanslı çalışmasının nedenlerinden biridir [27].

3.1.3.3 Ölçek uzayı gösterimi

Ölçek uzayı genellikle görüntü piramitleri şeklinde uygulanır. Görüntüler bir gauss filtresi ile tekrar tekrar yumuşatılır ve daha sonra piramidin daha yüksek bir seviyesine ulaşmak için alt örnekleme yapılır [2]. Kutu filtrelerin ve bütünleşik görüntülerin kullanılması nedeniyle, sörf aynı filtreyi daha önce filtrelenmiş bir katmanın çıkışına yinelemeli olarak uygulamak zorunda değildir, bunun yerine, doğrudan aynı görüntüdeki herhangi bir boyuttaki filtreyi doğrudan orijinal görüntüye uygulayabilir [27]. Bu işlemi paralel olarak da yapabilir. Böylece görüntü boyutunu yinelemeli olarak azaltmak yerine, filtre boyutunu büyütürken ölçek uzayı analiz edilir. Bu nedenle, her yeni oktav için, filtre büyüklüğü artışı iki katına çıkarılır, böylece ilgi noktalarının çıkarılması için örnekleme aralıkları iki katına çıkarılabilir ve bu da filtrenin sabit maliyette artmasını sağlar. Görüntüdeki ve fazla ölçeklerdeki ilgi noktalarını yerelleştirmek için, $3 \times 3 \times 3$ komşuluğunda maksimum olmayan bir baskılama uygulanır. Şekil 3.4'te görüntü integralinin ölçek değişimlerinde kullanımı gösterilmiştir.



Şekil 3.4: Görüntünün boyutunu küçültmek yerine integralinin kullanılması [1].

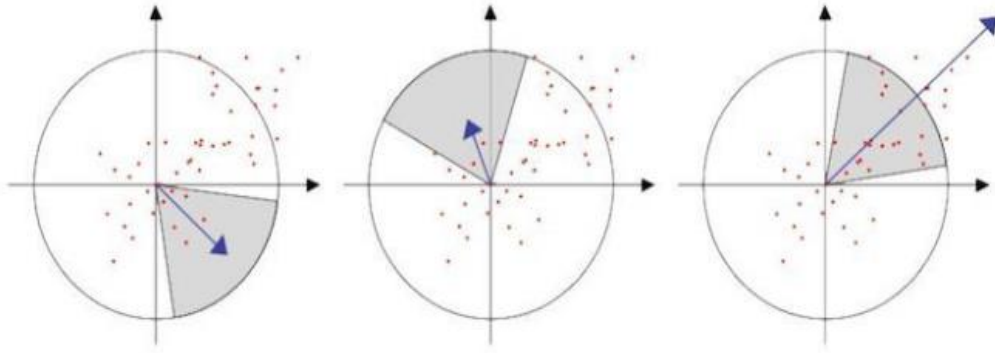
3.1.3.4 Oryantasyon (yön) ataması

Görüntüde dönmeye ve yön değişimine karşı ilgi noktalarının sabit olması için, ilgi noktaları için tekrarlanabilir bir yönelim belirlenmeye çalışılır.

Bu adımda, önce Haar-dalgacık yanıtları x ve y yönünde hesaplanır ve bu ana noktanın 6s yarıçap çevresindeki dairesel komşuluğunda, hangi ilgi alanlarının tespit edildiği s ölçeği ile hesaplanır [1]. s burada örnekleme adıımıdır ve ölçek bağımlıdır. Dalgacık yanıtları baz alınan bu ölçeğe göre hesaplanır. Buna bağlı olarak, ölçek

büyüdükçe dalgacıklarda büyür. Böylece görüntü integrali de hızlı filtreleme için kullanılabilir.

Daha sonra taranan alan içerisinde yatay ve dikey dalgacık yanıtlarının toplamı hesaplanır. En yüksek toplam değere sahip yön bulununcaya kadar taranan alanın yönü değiştirilerek bu işlem tekrar edilir [30]. Bu yön öznitelik tanımlayıcıda kullanılacak ana yöndür. Şekil 3.5'te görsel örneği verilmiştir.



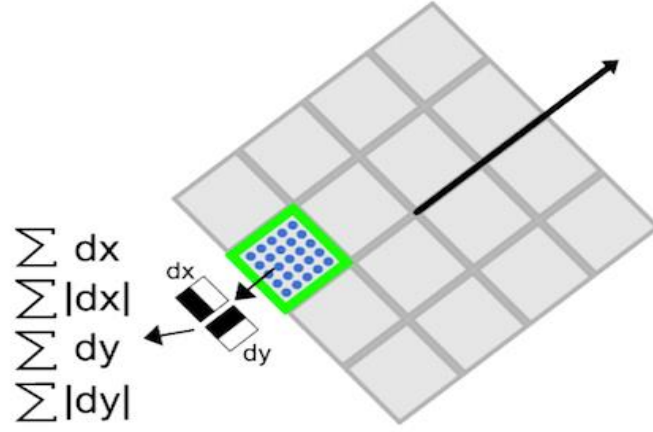
Şekil 3.5: Oryantasyon yönteminin temsili gösterimi [30].

3.1.3.5 Açıklayıcı bileşenlerin oluşturulması ve eşleştirilmesi

Bu adımda, ilk olarak ilgi noktaları ve önceki adımda tespit edilen ana yön ekseninde çevreleyen bir kare çerçeve oluşturulur.

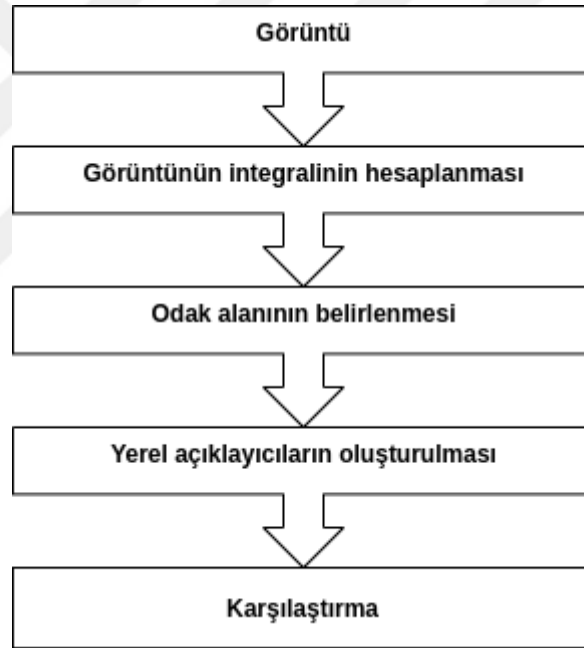
Tüm çerçevenin boyutu $20s$ olarak kabul edilirse, toplam alan birbirine eşit 16 tane küçük kareye ayrılır. Şekil 2.10'da gösterildiği üzere her bir alt kare alanı içinde, 5 yatayda 5 de dikeyde olmak üzere eşit aralıklı boşluklarla örnek noktalar işaretlenir. Yatay eksendeki Haar dalgacık yanıtı dx , dikey yöndeki ise dy olarak adlandırılır. Filtre boyutu $2s$ ölçeğindedir.

Geometrik deformasyonlara ve lokalizasyon hatalarına karşı sağlamlığı arttırmak için dx ve dy cevapları ilk önce ana ilgi noktasında merkezlenmiş bir gauss katsayısı ($\sigma = 3.3s$) ile ağırlıklandırılır [30]. Daha sonra, dalgacık tepkileri dx ve dy , her bir alt bölgeye toplanır ve öznitelik vektörüne bir ilk giriş dizisi oluşturur. Yoğunluk değişikliklerinin kutupsallığı hakkında bilgi edinmek için, dx ve dy yanıtlarının $|dx|$ ve $|dy|$ mutlak değerleri toplamı da hesaplanır. Böylelikle her bir alt kare, dx , dy , $|dx|$ ve $|dy|$ olmak üzere 4 boyuta sahip olur. Şekil 3.6'da gösterildiği üzere öznitelik vektörü her küçük kare alanı için aynı yöntemle hesaplanır.



Şekil 3.6: Açıklayıcı bileşen vektörlerinin hesaplanması [30].

Şekil 3.7’de yukarıda detayları açıklanan SURF yöntemine ait akış diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 3.7: SURF öz nitelik belirleme akış diyagramı.

3.1.4 SIFT öz nitelik belirleme

İlk defa 1999 yılında British Columbia üniversitesinde D.G. Lowe [10] tarafından ortaya atılmış olan SIFT (Scale Invariant Feature Transform) yöntemi görüntü ölçeği ve döndürmeden bağımsız aynı sonucu üretir. Bir görüntüdeki veya videodaki nesneleri tespit etmek, tutarsız görünüm, farklı açılar, aydınlatma, parlaklık, hava koşulları, arka plan, nesnelerle veya farklı kamera konumları gibi birçok nedenden dolayı zorlu bir görev haline gelir [29]. Çalışma performansı çok iyi olan SIFT

yönteminin belirlediği çok sayıdaki özneliliğin her biri oldukça ayrıştırıcıdır [10]. Birçok görüntü içerisinde aynı özneliliğe sahip olanları yüksek başarı oranı ile eşleştirebilmektedir. Kamera açısı ve ışık değişikliklerine karşı kısmen hassastır [28].

Çalışma prensibi beş adımdan meydana gelir.

- Ölçek uzayı uçdeğerlerinin tespiti
- Yerel maximum ve minimum değerlerin (kilit noktaların) yerlerinin saptanması
- Oryantasyon (yön) ataması
- Kilit nokta tanımlayıcı belirlenmesi
- Kilit noktaların eşleştirilmesi

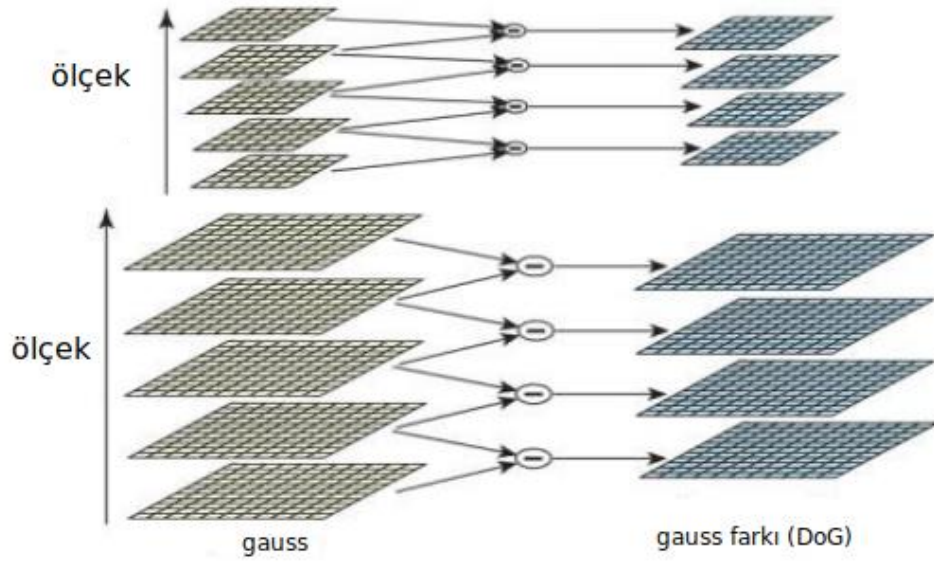
3.1.4.1 Ölçek uzayı uçdeğerlerinin tespiti

Gerçek dünya nesneleri ancak belli bir ölçekte bir anlam ifade etmektedir. Örneğin bir küp şeker masanın üzerinde net bir şekilde ayrıştırılabilirken, sütun içinde farkedilememektedir. Bu durum bir çok nesne için ortaktır. Dijital görüntülerde ölçek uzayı dönüşümü bu durumu taklit etmektedir.

Ölçek uzay dönüşümü orijinal görüntünün farklı ölçeklerinde gauss konvolüsyonuna sokulması sonucu elde edilir [11]. Dönüşüm sonrası boyutları, girdi olarak kullanılan görüntünün boyutlarına bağlı olarak değişen oktavlar oluşur. Oktavların içindeki görüntüler aşama aşama bulanıklaştırılır. Matematiksel olarak bulanıklaştırma işlemi görüntüdeki her piksel ile gauss operatörünün konvolüsyonu sonucu oluşur. Gauss operatörünün ölçeği ile doğru orantılı olarak görüntüdeki bulanıklık da değişmektedir.

Elde edilen bulanıklaştırılmış görüntüler gauss farklılıkları (difference-of-gaussian, DoG) adı verilen başka bir görüntü setini oluşturmak için kullanılır. DoG görüntüleri ilginç belirteç noktalarını bulmak için çok kullanışlıdır.

Şekil 3.8’de belirtildiği gibi DoG görüntüleri gauss bulanıklaştırma işleminin birbirinden farklı ölçeklerle yapılması sonucu ortaya çıkan farktan elde edilir [10].



Şekil 3.8: DoG görüntülerinin elde edilmesi [24].

Elde edilen DoG görüntüleri ölçekten bağımsız Laplace Gauss yakınsamalarını bulmak için kullanılır. Bir görüntü içerisinde seçilen örnek piksel, önce aynı görüntüdeki diğer piksellerle, ardından önceki ve sonraki ölçeklerdeki görüntülerin içinde bulunan piksellerle kıyaslanarak bir maksimum minimum nokta olup olmadığı tespit edilir. Her bir uçdeğer potansiyel bir kilit noktasıdır çünkü kilit noktalar en iyi o ölçekteki uçdeğerlerde temsil edilir.

3.1.4.2 Kilit noktaların yerlerinin saptanması

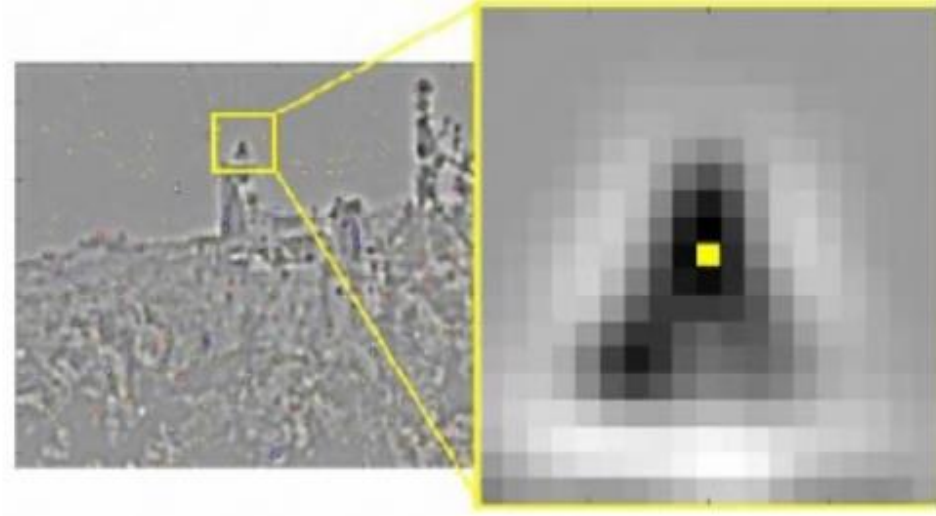
Önceki adımda uygulanan işlemler ile bir çok kilit nokta belirlenir. Bunlardan bazıları bir kenar boyunca uzanabilir, ya da yeterli kontrasta sahip olmayabilir. Her iki durumda da kilit nokta olarak kullanılmak için kullanışlı değildir ve bu noktaların ayrıştırılması gereklidir. Burada kullanılacak olan yaklaşım, Harris köşe bulma yönteminde kullanılan kenarları silme özelliği ile benzerlik gösterir [8]. Düşük kontrasta sahip özelliklerin yoğunlukları kontrol edilir.

Bu kontrollerde uçdeğerin yerini daha isabetli tespit edebilmek için Taylor serisi açılımı kullanılmıştır. Eğer hesaplanan yoğunluk belli bir eşik değerinin altındaysa, uçdeğer reddedilir [7]. Aynı şekilde yüksek DoG yanıtına sahip görüntü kenarlarında bu filtreleme yapılır.

3.1.4.3 Oryantasyon (yön) ataması

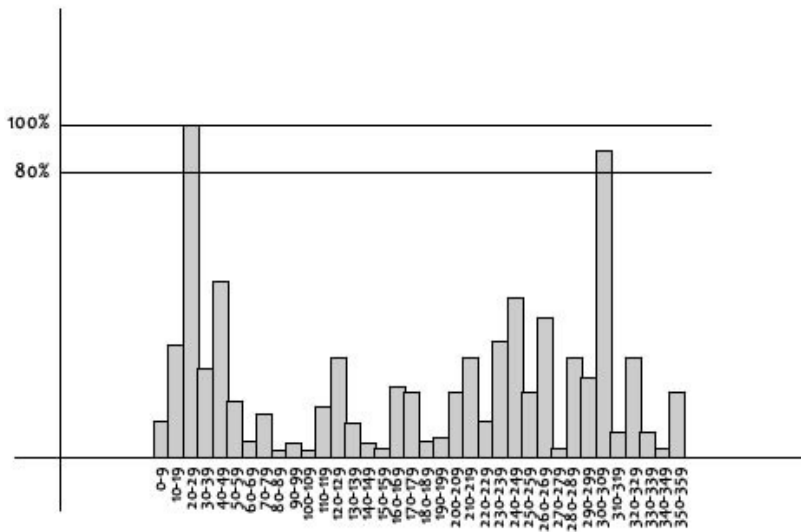
Bu adıma kadar meşruluğu teyit edilmiş noktalar saptanmıştır ve tespit edilen kilit noktanın hangi ölçekte olduğu bilinmektedir. Yani ölçek sabitliği yakalanmıştır. Bu

adımında her bir kilit noktaya oryantasyon ataması yaparak yön sabitliğinin sağlanması amaçlanmaktadır. Bir anahtar noktaya ait yön ataması örneği Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9: Oryantasyon Ataması [24].

Oryantasyon ataması yapılırken ölçeğe bağlı olarak kilit nokta konumunun etrafında bir komşuluk alınır ve o bölgede gradyan büyüklüğü ve yönü hesaplanır [19]. 360 derece açıyı kapsayan 36 kutu içeren bir oryantasyon histogramı oluşturulur. Diyelim ki oryantasyon toplama bölgesinde belirli bir noktadaki gradyan yönü 18,759 derece olsun, o zaman histogramdaki 10-19 derece aralığına girmektedir. Kutuya eklenen miktar, o noktadaki gradyanın büyüklüğü ile orantılıdır. Bu işlemi, ana anahtar noktanın etrafındaki tüm pikseller için yaptıktan sonra, histogramın bir noktada zirvesi oluşacaktır. Şekil 3.10’da gradyan yönü histogramı örneği verilmiştir.



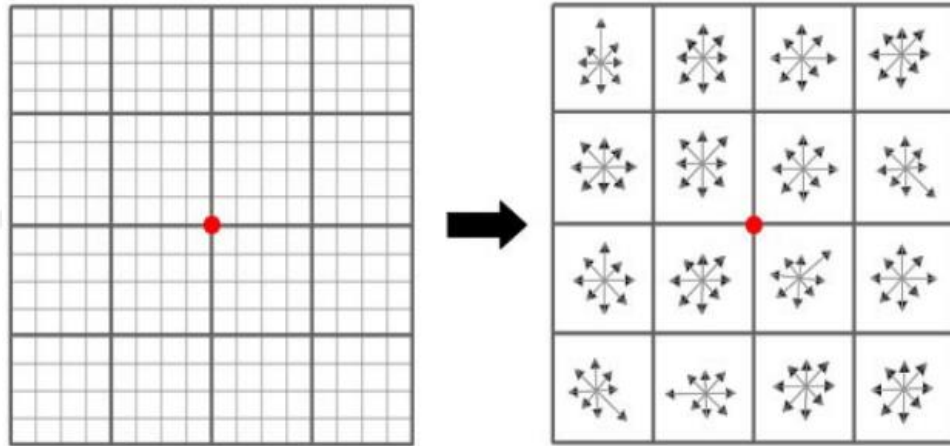
Şekil 3.10: Gradyan yönü histogramı [24].

Histogramdaki en yüksek tepe noktası alınır ve % 80'in üzerindeki herhangi bir tepe noktasının oryantasyon hesabında kullanılması kabul edilir. Aynı konum ve ölçekle fakat farklı yönlerle kilit noktaları oluşturulur ve bu da eşleşmenin kararlılığına katkıda bulunur [31].

3.1.4.4 Kilit nokta tanımlayıcı belirlenmesi

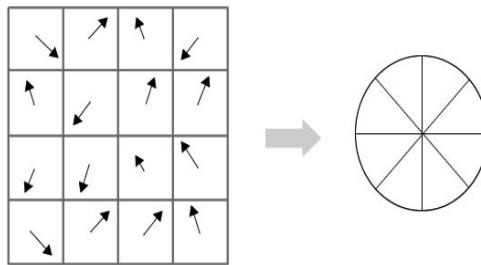
Bu adıma kadar belirlenen her bir kilit nokta için lokasyon, yön ve ölçek bilgisi mevcuttur. Sıradaki adımda, bakış açısındaki ve aydınlatmadaki olası farklılıklara karşı, her bir kilit nokta yerel görüntü bölgesi için eşsiz ve değişmez tanımlayıcılar oluşturulacaktır [19].

Örneğin Şekil 3.11'de temsil edildiği üzere, etrafı 16×16 boyutlarında çerçeve ile sınırlanmış bir kilit nokta ele alalım ve bu çerçeve 4×4 boyutlarında 16 alt blok içersin.



Şekil 3.11: Kilit nokta çerçevesi [31].

Şekil 3.12'de gösterildiği gibi her bir alt blok için, 8 parçalı oryantasyon histogramı oluşturulsun.



Şekil 3.12: 8 parçalı oryantasyon histogramı [31].

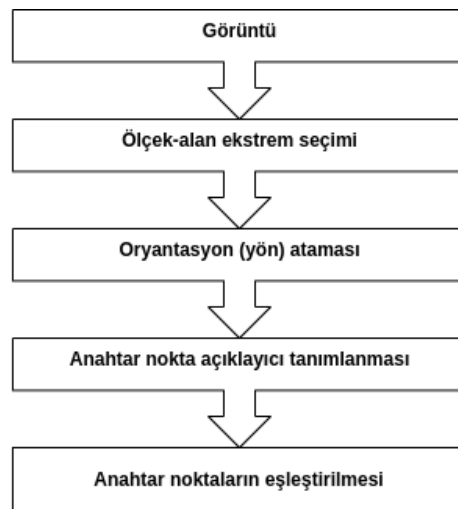
Böylelikle pratikte 16×16 örnek dizisinin 4×4 tanımlayıcısı kullanılmış olacaktır. 4×4 tanımlayıcı da $4 \times 4 \times 8$ yön ile toplam 128 adet değer verir. Bu 128 değer temel nokta tanımlayıcı oluşturmak için bir öznitelik vektörü olarak temsil edilir. Fakat öznitelik vektörü birkaç komplikasyon ortaya koymaktadır. Sıradaki aşamalarda bu komplikasyonlardan kurtulma yöntemleri anlatılmaktadır [31].

Öznitelik vektörü gradyan oryantasyonlarını kullanmaktadır. Yani görüntü çevrildiğinde, tüm gradyan oryantasyonları da değişmekte böylece herşey değişmektedir. Rotasyon bağımsızlığını kazandırmak için, anahtar noktaların rotasyonları her bir oryantasyondan tek tek çıkartılmalıdır. Böylelikle her gradyan oryantasyonu öznitelik oryantasyonuna göre olacaktır.

Diğer bir sorun da aydınlatma bağımlılığıdır. Eğer belli bir değerden büyük sayılar eşik değere yakınsanır, aydınlatma bağımsızlığı sağlanabilir. Böylelikle 128'lik vektör içerisindeki değerler 0,2'den büyük olursa, 0,2 eşik değeri kullanılır ve elde edilen öznitelik vektörü normalize edilmiş olur.

3.1.4.5 Kilit noktaların eşleştirilmesi

İki görüntü arasındaki kilit noktalar, en yakın komşulukları belirlenerek eşleştirilir. Ancak bazı durumlarda, gürültü veya başka nedenlerden dolayı en yakın ikinci eşleşme ilkinen çok yakın olabilir. Bu durumda, en yakın mesafenin ikinci en yakın mesafeye oranı alınır. Bu oran 0,8'den büyükse reddedilir. Bu yaklaşım yanlış eşleşmelerin yaklaşık %90'ını ortadan kaldırırken, yalnız %5 oranında doğru eşleştirme kaldırır [31]. Şekil 3.13'te SIFT yönteminin akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.13: SIFT akış diyagramı.

3.2 Yöntemlerin karşılaştırılması

Bölüm 3.1’de bazı görüntü işleme ile ürün tanıma yöntemleri detaylandırılmıştır. Perakende ürünlerini tanımada kullanılan yöntemler yalnızca bu çalışmada tanımlı yapılarla sınırlı değildir. Ürün tanıma probleminde ortak yaklaşım olan öznitelik tanımlama, kilit nokta tabanlı, gradyan tabanlı, desen tabanlı ve derin öğrenme tabanlı tanımlama olmak üzere 4 alt grupta gruplanabilir [9].

Kilit nokta tabanlı öznitelik tanımlama, perakende ürünlerin tanınmasında en çok kullanılan yöntemlerdendir [9]. Perakende ürünleri renkli ve akılda kalıcı dış yüzeylere sahiptir. Bundan dolayı ürün paketinin görüntüsü, görüntü eşleştirme için uygun bir dizi kilit nokta oluşturur. Çoğu durumda kilit noktalar önceki bölümlerde de detayları anlatıldığı üzere SIFT ve SURF algoritmaları kullanılarak tespit edilir. Bu yaklaşımlarla birlikte ürün tespitinde SURF algoritması temel alınarak belli noktalarda farklılaşan SURF varyantları kullanılmaktadır. Kilit noktadaki ve çevresindeki yerel görüntü özellikleri bir histogram kullanılarak yakalanır.

Gradyan tabanlı öznitelik tanımlama, raf görüntülerinden çıkarılan ürün görüntülerinin şablon tabanlı eşleştirilmesi için kullanılır. Köşeler veya kenarlar gibi geometrik şekiller, ürüne ve raf görüntülerine gömülü olarak şablon eşleştirme için de kullanılır [9]. Benzer şekilde, kilit nokta tabanlı öznitelik tanımlamada olduğu gibi, bu yöntemde de perakende ürünlerinde yerel görüntü karakteristiklerini tespit etmek için bir histogram kullanılarak yakalanır.

Perakende ürünleri tanımlarken, en yaygın kullanılan yöntemlerden biri de desen tabanlı öznitelik tanımlama ve tekrar eden desenlerdir. Bu kategoride, yinelenen desenler, ürünleri olduğu gibi tespit etmede hayati bir rol oynar [9]. Birçok gerçek senaryoda, sokaktaki arabalar, kalabalıktaki yüzler gibi birbirine benzer ancak aynı olmayan nesnelerde bu yinelenen desen ortaya çıkar. Bu tür tekrarlanan yapıları veya tekrarlama niteliğini yakalamak için, bir süpermarket rafındaki her ürün, yinelenen bir desende bir birim görevi görür.

Derin öğrenme yöntemi diğerlerinden farklı olarak evrimsel sinir ağları (CNN) katmanlarından oluşur. Her ara katmanda ürünle ilgili özelliklerin çıkartılır ve sınıflandırılır [9].

Bu çalışmada tercih edilen kilit nokta tabanlı öznitelik tanımlama kapsamında kullanılan bazı algoritmalar, çeşitli açılardan kıyaslanmıştır.

Belirlenen özniteliklerin sayısı bakımından karşılaştırma yapıldığında, en fazla tespit ORB ile yapılmıştır. BRISK ikinci sırada olup, SURF'un SIFT'e göre daha fazla tespit yaptığı görülmüştür [22].

Tanımlayıcı nokta bulma ve öznitelik eşleştirme zamanı açısından karşılaştırma yapıldığında, en az zaman maliyeti getiren yöntem ORB olmuştur. BRISK ikinci sırada olup, SURF'un SIFT'e göre zaman daha efektif olduğu görülmüştür [22].

İstisnai değer filtreleme ve görüntü çerçeveleme süreleri karşılaştırıldığında, ORB ve BRISK en iyi performansa sahiptir. Toplam sürede de ORB ve onu takiben BRISK diğerlerine göre daha iyi performans sunmuşlardır. SURF'ün toplam görüntü eşleştirme süresi, SIFT'e göre daha kısadır [22].

Farklı görüntü ölçeklerinde yapılan testlerde doğru sonucun tekrarlanabilirliği kıyaslandığında ise, ORB'nin görüntü %60 - %150 ölçeğinde kaldığı müddetçe başarılı olduğu görülmüştür [22]. SURF %10 ölçeğe kadar tekrarlanabilirken, SIFT'te bu oran %3'lere kadar iner.

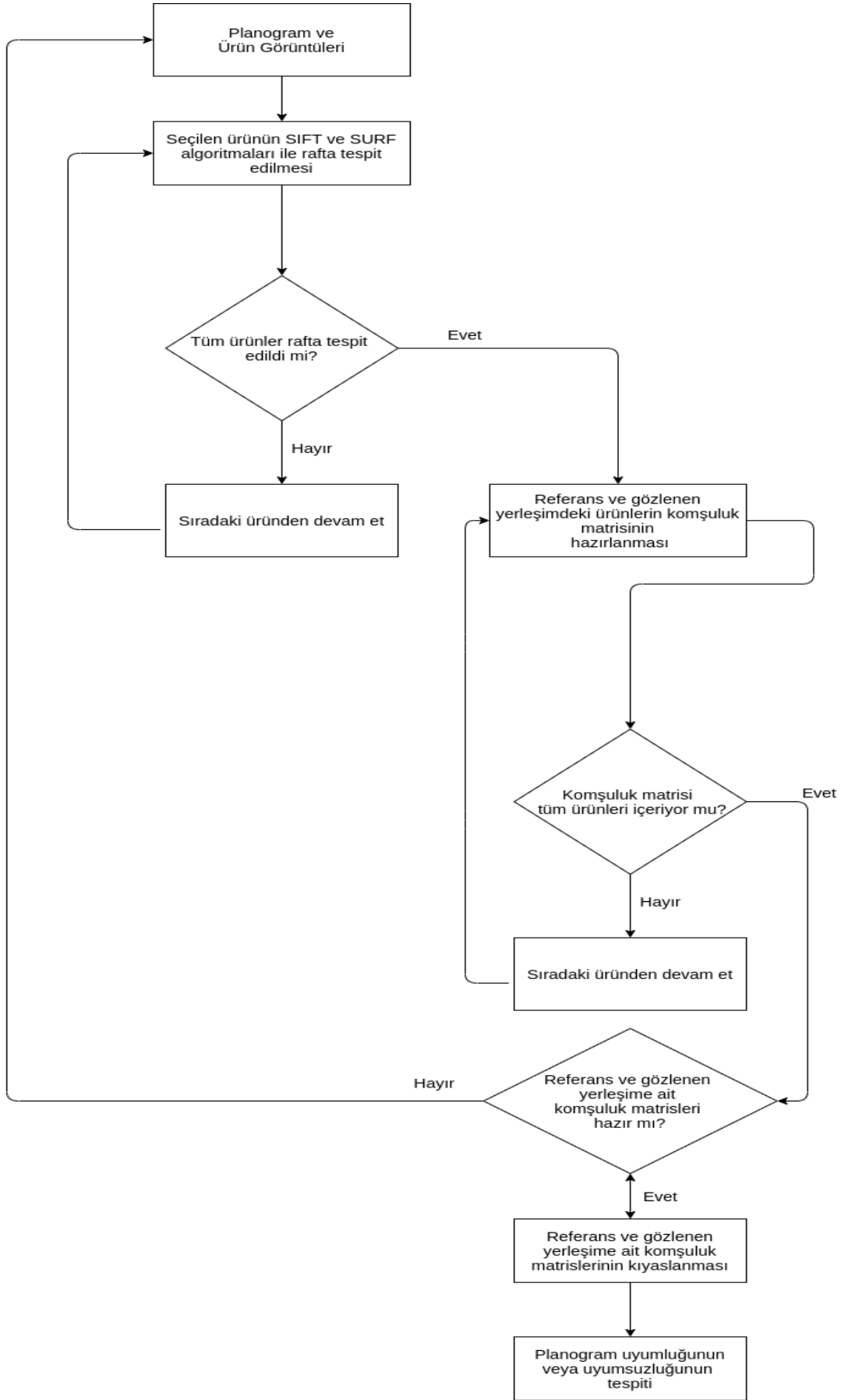
Görüntü eşleştirmede kararlılık kıyaslandığında ise, SIFT en efektif çözüm olarak öne çıkmaktadır. Ölçek ve yön değişimine karşı toleransının yüksek olması bunun temel sebebidir. BRISK kararlılık kıyaslamasında ikinci sırada olup, ORB üçüncü sıradadır [22].

4. ÖNERİLEN YÖNTEM

Bu bölümde, giriş ve literatür araştırması bölümlerinde bahsedilen planogram uyumluluğu tespitine yönelik bu çalışmada önerilen yöntemden bahsedilecektir. Hazır tasarlanmış bir planogram ve gözlenen mağaza raf görüntüleri dikkate alınarak, ürünlerin raf dizilim ve yerleşimlerinin düzenlenmiş plan ile uyumlu olup olmadığının kontrol edildiği, yanlış öğelerin tespit edildiği bir sistem tasarlanacaktır. Bu amaçla ürün tanıma yönelik görüntü işleme teknikleri başlığı altında anlatılan alternatif algoritmalar kullanılarak sonuçlar deneysel bir çalışmayla karşılaştırılacaktır.

Şekil 4.1’de önerilen yönteme ait akış diyagramı verilmiştir. Önerilen yöntemin çıkış noktası, raf görüntülerinde tespit edilen ürünler ile planogramdaki ideal ürün diziliminin karşılaştırılması probleminin bir matris eşitliği şeklinde formüle edilmesidir. Buna göre, planogram uyumluluğunun tespit süreci görüntü işleme tabanlı ürün tanıma, ardından tanımlanan nesnelerin çıktılarıyla oluşturulmuş matris tutarlılık denetimi ve gerçek durum ile planogramı temsil eden matrislerin karşılaştırılması adımlarından oluşmaktadır.

Akış diyagramında raf görüntüsü gözlenen yerleşim, planogram görüntüsü ise referans yerleşim olarak adlandırılmıştır. Akış diyagramında anlatılan işleyiş bir kez raf görüntüsü bir kez de planogram görüntüsü için olmak üzere iki kez tekrar edilmektedir. Her iki görüntüde de ürünler sırasıyla SIFT ya da SURF algoritması ile tespit edilir. Tespit edilen her ürünün, görüntü içerisindeki piksel koordinatları kullanılarak diğer ürünlerle komşuluğu olup olmadığı belirlenir. Eğer ürünün, tespit edilen diğer ürünlerle komşuluğu varsa komşuluk matrisinde iki ürünün kesiştiği indis 1 olarak doldurulur, eğer komşuluğu yoksa komşuluk matrisinde iki ürünün kesiştiği indis 0 olarak doldurulur. Son adımda komşuluk matrisi hem gözlenen yerleşim hem de referans yerleşim için hazır hale geldiğinde iki matris karşılaştırılarak planogram uyumluluğu ya da uyumsuzluğunun tespiti yapılır.



Şekil 4.1: Önerilen yöntemin akış diyagramı.

4.1 Ürün Tanıma

Yöntemin birinci adımını oluşturan mağaza raflarındaki ürünün tanınması, görüntü işleme tekniklerinde görsel tanıma konusunun bir problemi olarak ele alınmıştır. Fakat planogram görüntüsündeki ürünleri raflarda tanıma karmaşık ve çok faktörlü bir problemdir. Ürünün ideal koşullarda çekilmiş ya da grafik olarak tasarlanmış bir veya birkaç örnek görüntüsünü modelleyip mağazada gerçek koşullarda çekilmiş ışık, netlik ve çözünürlük bakımından belli bir standarta sahip olmayan görüntülerde aramak hataya açık bir yaklaşımdır.

Ayrıca ürünlere ait görüntülerin yeterli sayıda olmaması ve fazlaca çeşitlilik kombinasyonuna sahip olması da evrimsel sinir ağları (CNN) gibi nesne tanıma yöntemlerinin kullanılmasını imkansız kılmaktadır [4]. Bu yöntem çok sayıda örneğin etiketlenip model eğitiminde kullanılması prensipine dayalı olarak çalışmaktadır.

Planogram uyumluluğunun doğrulanmasında, raflarda her bir ürün örneğinin algılanması ve o ürünün bulunduğu yerin tespit edilmesi gerekmektedir. Fakat aranan ürün dışında rafta çok sayıda ürün bulunur ve bazıları da aranan ürüne oldukça benzerdir. Hatta bazı durumlarda müşterinin dikkatini çekmek için tasarlanmış canlı renkli afiş ya da reklamlar bilgisayar algoritmaları için yanıltıcı öğelerdir. Bu anlamda tanıma algoritmalarından yüksek verim alabilmek için, değişen ışık koşullarının yanı sıra çeşitli cihazlardan fotoğraflar çekilmesiyle renk, yoğunluk ve hatta çözünürlükte önemli değişiklikler içeren çalışma görüntüleri kullanılmalıdır ve operasyonel koşullar olabildiğince sınırlandırılmamış olmalıdır.

Ürün tanıma adımında sistem, raflarda ürünler içeren bir görüntü verildiği zaman her bir ürünü tespit eder ve yerleştirir. Bunun için referans görüntü ve gerçek dünyadan raf görüntüleri gereklidir. Referans ürün görüntülerinde herhangi bir kısıtlama olmamalıdır.

Şekil 4.2’de gösterilen görüntü şampuan rafında tespit edilmeye çalışılan referans ürünün görüntüsüdür.

Şekil 4.3’te ise referans ürünü içeren ve bu ürünü tanıma çalışmasının yapılacağı rafa ait görüntü gösterilmektedir.



Şekil 4.2: Referans ürün.



Şekil 4.3: Referans ürünü içeren raf.

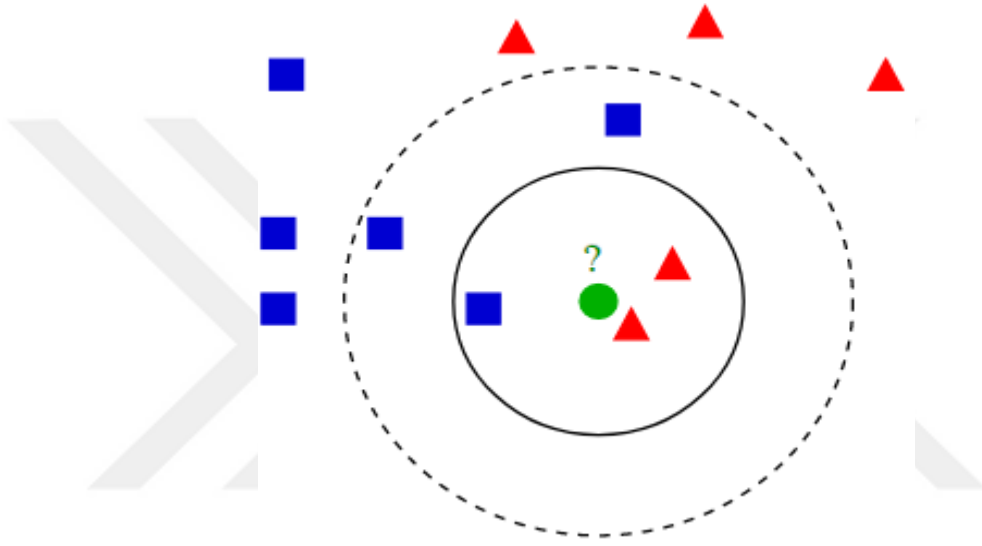
Nesne tanıma algoritmaları kullanılırken ilk olarak ürün ve raf görüntüsü siyah beyaza çevrilir. Ardından her iki görüntünün de SIFT veya SURF gibi öznitelik belirleme algoritmaları kullanılarak anahtar ve açıklayıcı noktaları belirlenir. Bu algoritmanın detaylarından Bölüm 3’te bahsedilmiştir.

4.1.1 Öznitelik eşleştirme

Belirlenen tanımlayıcı noktalar K-En Yakın Komşu (KNN) algoritması kullanılarak birbirleri ile eşleştirilir. Örüntü tanımda, KNN, sınıflandırma ve regresyon için kullanılan parametrik olmayan bir yöntemdir [26]. Her iki durumda da girdi olarak

kullanılan tanımlayıcı görüntüler, öznelilik uzayındaki en yakın eğitim örneklerinden oluşur.

KNN sınıflamasında, çıktı bir küme üyeliğidir. Bir nesne, sahip olduğu komşuların atandığı küme sayısına göre sınıflandırılır. Nesne en yakın komşularının en yaygın atandığı sınıfa atanır. K parametresi, tipik olarak küçük olan bir tamsayıdır. Eğer $K = 1$ ise, nesne basitçe en yakın komşunun sınıfına atanır. K sabiti sınıflandırma yapılırken değerlendirmeye alınacak en yakın komşuluk sayısını belirtir. Şekil 4.4'te bir KNN sınıflandırma örneği gösterilmektedir.



Şekil 4.4: KNN sınıflandırma örneği [33].

Yeşil nokta ile gösterilen test numunesi ya mavi karelere veya kırmızı üçgenlere sınıflandırılmalıdır. Eğer $K = 3$ ise düz çizgi ile sınırlı olan dairenin içindeki kırmızı üçgenlere atanır, çünkü iç daire içinde 2 üçgen ve sadece 1 kare vardır. Eğer $K = 5$ ise kesikli çizgi ile sınırlı çemberin içindeki mavi karelere atanır çünkü yeşil noktaya en yakın ilk 5 komşuluğunda 3 kareye karşılık 2 üçgen bulunur.

En iyi K seçimi verilere bağlıdır; genellikle daha büyük K değerleri, gürültünün sınıflandırma üzerindeki etkisini azaltır ve dolayısıyla da ezberleme problemini, ancak sınıflar arasındaki sınırları daha az belirgin hale getirir [26]. İyi bir K değeri seçimi için sezgisel yaklaşılabılır. $K = 1$ olduğunda sınıfın en yakın eğitim örneğinin sınıfı olduğu tahmin edilen özel durum ortaya çıkar ve en yakın komşu algoritması olarak adlandırılır.

KNN algoritmasında sınıflandırmada kullanılacak komşuluk sayısını ifade eden K kullanıcı tarafından belirtilir. K değeri belirlendikten sonra algoritmanın eğitim aşaması başlar. Eğitim örnekleri, her biri bir sınıf etiketine sahip çok boyutlu bir öznitelik uzayındaki vektörlerdir. Algoritmanın eğitim aşaması, sadece öznitelik vektörlerini ve eğitim örneklerinin sınıf etiketlerini saklamaktan ibarettir [25].

Sınıflandırma aşamasında algoritma verilen bir gözleme en yakın komşuları tespit edeceği için uzaklık ölçüsü belirlenmesi gerekmektedir. Öklid mesafesi sürekli değişkenler için yaygın olarak kullanılan bir mesafe ölçüsüdür. Metin sınıflandırma gibi ayrık değişkenler için, çakışma ölçüsü gibi başka bir ölçüt kullanılabilir. Gen tanımlanmasında, KNN, bir ölçüm metriği olarak Pearson ve Spearman gibi korelasyon katsayıları ile kullanılmıştır. Sıklıkla, mesafe ölçümü metrik büyük marjın en yakın komşu (large margin nearest neighbor classification) veya komşuluk bileşenleri analizi (neighbourhood components analysis) gibi özel algoritmalar ile öğrenilirse, KNN'nin sınıflandırma doğruluğu önemli ölçüde geliştirilebilmektedir.

En yakın komşuların sınıf çoğunluğuna göre sınıflandırmanın bir dezavantajı, sınıf dağılımı çarpık olduğunda ortaya çıkar. Başka bir deyişle, daha sık bir sınıfın örnekleri, yeni örneğin öngörüsüne egemen olma eğilimindedir; çünkü büyük sayıları nedeniyle en yakın komşular arasında ortak olma eğilimindedirler. Bu sorunun üstesinden gelmenin bir yolu, test noktasından en yakın komşusuna olan mesafeyi hesaba katarak sınıflandırmayı ağırlıklandırmaktır. En yakın K noktalarının her birinin sınıfı, o noktadan test noktasına kadar olan mesafenin tersi ile orantılı bir ağırlıkla çarpılır [12]. Bozulmanın üstesinden gelmenin bir başka yolu veri sunumunda soyutlamadır. Örneğin, bir özdüzenleyici haritada, her bir düğüm orijinal eğitim verilerindeki yoğunluğundan bağımsız olarak benzer noktalardan oluşan bir kümenin temsilcisidir. KNN daha sonra SOM'a uygulanabilir [26].

Bu tez çalışmasında uygulanan KNN algoritmasında K değeri sezgisel olarak belirlenmiştir. Testlerde $K = 2$ olarak seçildiğinde bulunan eşleşmeler optimum olmuştur.

Her ne kadar KNN algoritması en iyi eşleştirmeleri bulsa da, bulunan eşleşmeler üzerinde bir optimizasyon katmanı daha uygulanması yanıltıcı faktörlerin eliminasyonu açısından sistemi daha kararlı hale getirmektedir.

İki ayrı kümedeki eşleşmelere ait benzerlik metriklerinde bir küme referans seçilir. Diğer küme hedef küme olarak adlandırılır. Hedef kümedeki eşleme dizisi elemanlarının benzerlik metrikleri ile, referans kümesindeki eşleşme dizisi elemanlarının metrikleri kıyaslanırken bu X eşik değeri ile karşılaştırılır. Eğer hedef kümesindeki elemanların benzerlik metriklerinin, referans kümesindeki elemanların benzerlik metriklerine oranı X değerinden küçük ise bu eşleşmeler iyi eşleşme noktaları olarak ifade edilebilecek niteliktedir ve ayrı bir dizide toplanır. Bu oran X 'ten büyük ise bulunan eşleşme yoksayılr. Bu noktada raf görüntüsünde aranan ürünü en iyi şekilde tanımlayan kilit nokta eşleşmeleri elde bulunmaktadır. Şekil 4.5'te bu eşleşmeler gösterilmektedirler.



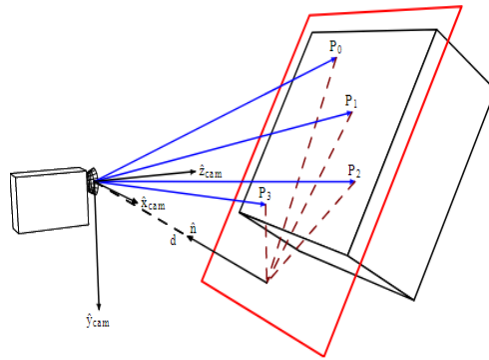
37

4.1.2 Ürünün çerçevesi

En iyi eşleşmeler elde edildikten sonra rafta aranan ürünün görüntü işleme teknikleri kullanılarak çerçeve içine alınması gereklidir. Bu işlem için bulunan eşleşmeler kullanılacaktır.

Öncelikle bu adıma başlayabilmek için ürünle ilgili bilgi sağlayan eşleşme sayısının bir alt eşik değeri olmalıdır. Bu rakam özellik eşleştirme adımında belirlenen X eşik değeriyle korelasyon halindedir. X eşik değeri, bu adımdaki eşleşme sayısını belli bir alt limitin altına düşürmeyecek şekilde seçilmelidir. Ya da tam tersi bu adımda fazla sayıda eşleşme mevcutsa, sonucu optimize etmek için X eşik değeri 0'a daha çok yaklaştırılabilir. Bu yüzden her iki parametrenin seçimi de ürün görüntüsü, raf görüntüsü ve seçilen algoritmanın çıkardığı sonuçlara da bağlı olmakla birlikte, bir parça da sezgisellik içermektedir. Çalışmada ürün çerçeveleme adımının sonuçları göz önünde bulundurularak, eşleşme sayısı alt eşik değeri 5 seçilmiştir.

Ürünün, raf görüntüsünde çerçeve içine alınabilmesi için homografi işlemi uygulanmalıdır. Elde edilen en iyi eşleşmelerde, aranan ürün ve raf görüntüsünün tanımlayıcı noktalarını temsil eden indeksler her iki görüntü için de ayrı ayrı olmak üzere boyut değişimi işlemine tabi tutulur. Bu boyut değişimi homografi işlemi için gereklidir. Bilgisayarla görme alanında, uzayda aynı düzlemsel yüzeyin herhangi iki görüntüsü bir homografi ile ilişkilidir. Homografi (izdüşümsel dönüşüm), projektif uzayların türettiği vektör uzaylarının izomorfizmi ile indüklenen projektif uzayların bir izomorfizmidir. [9] Bunun iki görüntü arasında görüntü düzeltme, görüntü kaydı veya kamera hareketinin hesaplanması, rotasyon ve çeviri gibi birçok pratik uygulaması vardır. Şekil 4.6'da bilgisayarlı görme alanında kamera görüntüsünün bir düzlem uzayındaki homografisi gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Homografi [3].

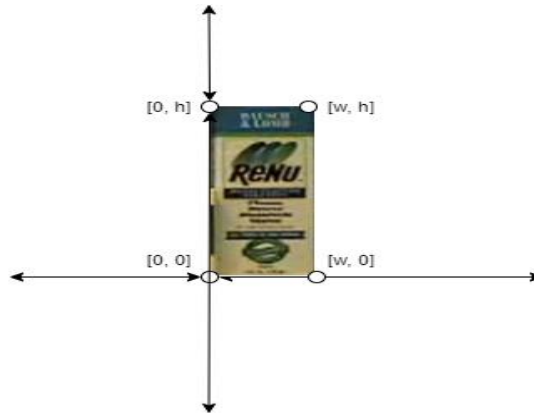
İki resim ancak aynı düzlemi farklı bir açıdan izliyorsa homografi ile ilişkilidir. Her iki resim de aynı kameradan fakat farklı bir açı ile çekilebilir ya da farklı kameralardan da çekilmiş olabilir.

Homografi işleminden sonra 3 x 3 boyutlarında bir homografi matrisi oluşur. Bu matris iki görüntü arasındaki piksel koordinatları ile ilgilidir. Bu matris her piksele uygulandığında ortaya çıkan yeni görüntü orijinal görüntünün bir çarpık versiyonudur.

Tezdeki uygulamada ürünün görüntüsü ile ürünü içeren market rafının görüntüsünden homografi matrisi elde edilmiştir. Aranılan ürüne ait görüntünün boyu ve eni perspektif transformasyonu işlemine tabi tutulmuştur.

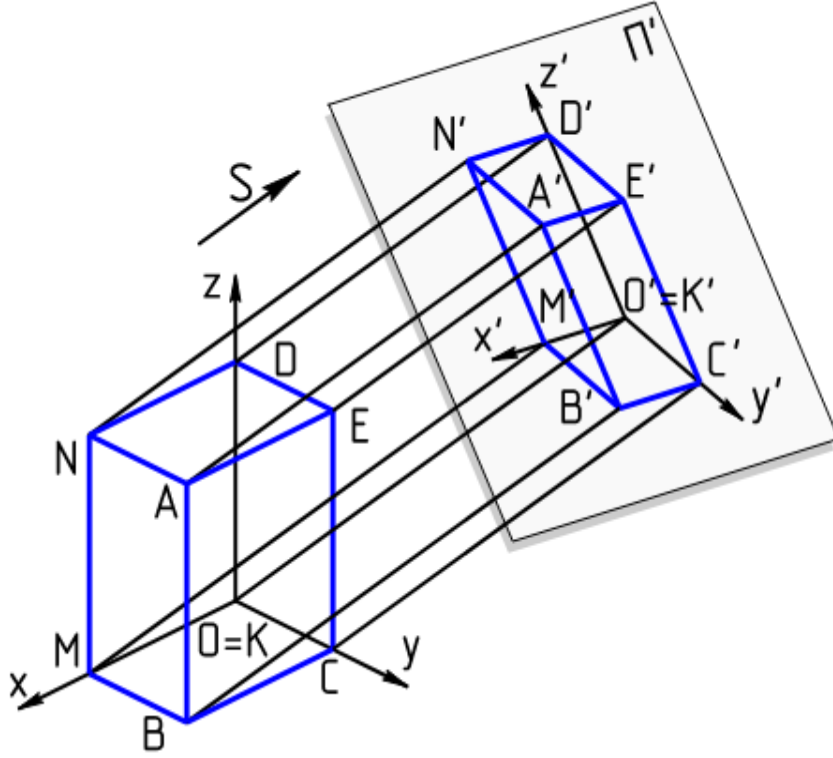
İnsanların gözlerine yakın olan nesneler, uzaktakilere kıyasla daha büyük görünürler. Buna genel olarak perspektif denir. Perspektif dönüşüm, bir nesnenin bir durumdan diğerine devridir. [3] Genel olarak, perspektif dönüşümü, üç boyutlu dünyanın iki boyutlu imgeye dönüşümü ile ilgilidir. İnsan gözündeki vizyonunun çalıştığı prensip ile kameranın ya da fotoğraf makinesinin çalıştığı prensip aynıdır. [3]

Tez çalışmasında perspektif transformasyonunu yapmak için sadece ürünü içeren referans görüntünün dört köşe noktası alınır. Şekil 4.7’de gösterildiği üzere görüntünün koordinat düzleminin $[0, 0]$ noktasından başlayarak $x - y$ ekseninin 1. bölgesinde yer aldığı varsayılırsa, h ürünün boyunu, w ise ürünün genişliğini temsil ettiği kabul edilirse $[0, 0]$, $[0, h]$, $[w, h]$ ve $[w, 0]$ noktaları ürünün 4 köşe noktasını temsil etmektedir. Bu noktalar arasında kalan pikseller perspektif dönüşümü için homografi matrisi ile birlikte kullanılır.



Şekil 4.7: Referans ürünün perspektif dönüşümü.

Şekil 4.8’de temsili bir perspektif dönüşümü gösterilmektedir. Uygulamadaki perspektif dönüşümü ile birlikte referans ürünün, raf görüntüsündeki perspektif ile uyumlu hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Raf görüntüsünde tespit edilen referans ürünün üzerinde çerçeveleme yapabilmek için bu sınır belirleyiciler referans alınacaktır.



Şekil 4.8: Perspektif dönüşümü [32].

Şekil 4.9’da gösterildiği üzere raftaki ürün tespit edilerek çerçeve içine alınmıştır. Ürün çevresinde bir veya birden fazla çizginin birleştirilerek sürekli bir çizgi haline getirilmesine bilgisayarlı görüntüleme tekniklerinde polyline denilmektedir. Tezdeki uygulamada rafta ya da planogramda tespit edilen bir nesneyi görsel belirtmek için kullanılmıştır.

Bu noktada Şekil 4.2’de gösterilen referans ürün, Şekil 4.9’da gösterildiği üzere tespit edilmiştir ve yeşil çerçeve içine alınarak tanınmıştır. Bu ürün için yapılan adımların aynısı planogram görüntüsü üzerinde de yapılmalıdır. Planogramda temsil edilen her bir ürün için hem planogramda hem de rafta tespit işlemleri tamamlandıktan sonra uygulamanın bir sonraki adımı olan rafın ve planogramın matris biçiminde tanımlanması adımına geçilmektedir.



Şekil 4.9: Ürünün rafta tespit edilmesi.

4.1.3 Görüntülerden matris elde edilmesi

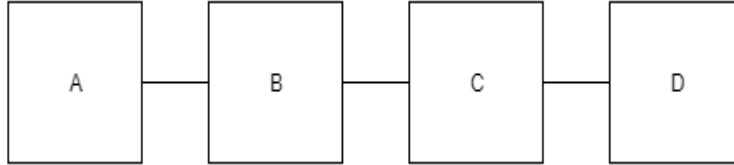
Bu aşamaya kadar referans ürünler hem raf görüntüsünde hem de planogram görüntüsünde konumlarıyla beraber tespit edilmiştir. Bu noktadan sonra problem, bilgisayarlı görüntü işleme teknikleri kullanılarak üzerindeki ürünlerin tanımlaması yapılmış raf görüntüsü ve planogramın kıyaslanabilmesi ve karşılaştırılabilmesidir. Bunu yapabilmek için de görüntüler, ürünlerin konumları ve komşuluklarının da temsil edildiği bir matematiksel model ile ifade edilmelidir.

Probleme yönelik geliştirilen hipotezin içinde planogram görüntüsü referans planogram (R), raf görüntüsü ise gözlemlenen yerleşim (G) olarak ifade edilmiştir. R ve G'deki ürünlerin her biri düğüm, komşulukları olduğu ürünlerle bağlantıları ise link şeklinde ifade edilecektir.

R ve G'de bulunan her ürün için hangi ürün olduğu ve konumu bilinmektedir. Bu adımdan sonra raflardaki her bir yatay sıra için ürünlerin düğümü, komşuluklarının

ise linki ifade ettiği matrisler oluşturulacaktır. Bu matrisler ürünlerin birbirlerine göre olan konumlarına göre oluşturulacaktır.

şekil 4.10’da referans planograma ait bir raf gösterilmektedir. A, B, C ve D’den her biri temsili birer ürün olup bir önceki ürün tanıma adımında tespit edilmiştir.



şekil 4.10: Referans yerleşime ait bir raf (R).

şekil 4.11’de bu ürünlerin birbirleri ile komşuluklarını belirten komşuluk matrisi görölmektedir.

	A	B	C	D
A	0	1	0	0
B	1	0	1	0
C	0	1	0	1
D	0	0	1	0

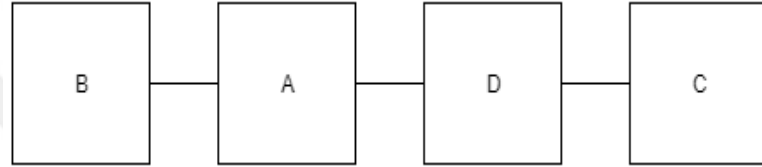
şekil 4.11: R’ye ait komşuluk matrisi.

şekil 4.10’daki temsili raf görüntüsündeki ürünler matrisin sütunlarında temsil edilmektedir. Her bir raf özelinde ayrı ayrı inceleme yapıldığı için matriste yalnızca sütunlar arası komşuluk temsil edilmektedir.

Matrisin ilk satırında A düğümüne ait komşuluklar temsil edilmektedir. A düğümünün B düğümü ile arasındaki linkten dolayı A satırının B sütununun keşiştiğı hücre 1 olarak kodlanmaktadır. A düğümünün C ve D düğümleri ile bir komşuluğı olmadığı için C ve D sütunları ile keşiştiğı hücreler 0 olarak kodlanır.. İkinci satırda B düğümüne ait komşuluklar temsil edilmektedir. B düğümünün A ve C düğümleri ile arasındaki linkten dolayı B satırının A ve C sütunları ile keşiştiğı hücreler ayrı

ayrı 1 olarak kodlanır. D düğümü ile bir komşuluğu olmadığı için 0 kodlanır. Üçüncü satırda C düğümüne ait komşuluklar temsil edilmektedir. C düğümünün B ve D düğümleri ile arasındaki linkten dolayı C satırının B ve D sütunları ile kesiştiği hücreler ayrı ayrı 1 olarak kodlanır. A düğümü ile bir komşuluğu olmadığı için 0 olarak kodlanır. Dördüncü satırda D düğümüne ait komşuluklar temsil edilmektedir. D düğümünün C düğümü ile arasındaki linkten dolayı D satırının C sütunu ile kesiştiği hücre 1 olarak kodlanır. A ve B düğümleri ile arasında bir link olmadığı için 0 kodlanır. Böylelikle Şekil 4.10'daki temsili referans yerleşim görüntüsü Şekil 4.11'deki komşuluk matrisi ile matematiksel bir forma dönüştürülmüş olur.

Şekil 4.12'de gözlenen yerleşime ait bir raf gösterilmektedir. A, B, C ve D yine her biri temsili birer ürün olup bir önceki ürün tanıma adımında tespit edilen ürünlerdir.



Şekil 4.12: Gözlenen planograma ait bir raf (G).

Şekil 4.10'daki ürünler ile aynı ürünleri içerdiği halde raflardaki dizilimleri farklıdır.

Şekil 4.13'te gözlenen planograma dair komşuluk matrisi belirtilmiştir. Şekil 4.12'deki temsili raf görüntüsündeki ürünler tıpkı Şekil 4.10'da olduğu gibi matrisin sütunlarında temsil edilmektedir.

	A	B	C	D
A	0	1	0	1
B	1	0	0	0
C	0	0	0	1
D	1	0	1	0

Şekil 4.13: Komşuluk matrisi (G).

Matrisin ilk satırında A düğümüne ait komşuluklar temsil edilmektedir. A düğümünün B ve D düğümü ile arasındaki linkten dolayı A satırının B ve D sütunları ile kesiştiği hücreler 1 olarak kodlanır. A düğümünün C düğümü ile bir komşuluğu olmadığı için C sütunu ile kesiştiği hücre 0 olarak kodlanır. İkinci satırda B düğümüne ait komşuluklar temsil edilmektedir. B düğümünün A düğümü ile arasındaki linkten dolayı B satırının A sütunu ile kesiştiği hücre 1 olarak kodlanır. D ve C düğümleri ile bir komşuluğu olmadığı için 0 kodlanır. Üçüncü satırda C düğümüne ait komşuluklar temsil edilmektedir. C düğümünün D düğümü ile arasındaki linkten dolayı C satırının D sütunu ile kesiştiği hücre 1 olarak kodlanır. A ve B düğümleri ile bir komşuluğu olmadığı için 0 kodlanır. Dördüncü satırda D düğümüne ait komşuluklar temsil edilmektedir. D düğümünün A ve C düğümleri ile arasındaki linkten dolayı D satırının A ve C sütunları ile kesiştiği hücre 1 olarak kodlanır. B düğümü ile arasında bir link olmadığı için 0 kodlanır. Böylelikle Şekil 4.12'deki temsili gözlemlenen yerleşim görüntüsü Şekil 4.13'teki komşuluk matrisi ile matematiksel bir forma dönüştürülmüş olur.

Hem gözlemlenen yerleşimi hem de referans yerleşimi temsil eden matematiksel formlar oluşturulmuştur. Bu noktadan sonra iki matris kıyaslanabilir ve karşılaştırılabilir haldedir.

5. UYGULAMA VE SONUÇLARI

Bu bölümde geliştirilen uygulamadan ve gözlemlenen sonuçlardan bahsedilecektir. Uygulama dördüncü bölümde detayları anlatılan yöntem temel alınarak geliştirilmiştir. Bu yöntemi planogramdaki her ürün için yinelemeli olarak uygulayarak planogram uyumluluğunun yüksek başarı oranı ile tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

Uygulama için referans yerleşim (planogram), gözlemlene yerleşim ve her iki yerleşimde yer alan tüm ürünlerin tek başına yer aldığı görüntüler gereklidir.

Sistem üç adımlı olarak tasarlanmıştır. İlk adımda bir döngü içinde gözlemlenen yerleşimde yer alan tüm ürünler işleme tabi tutulur. Her bir iterasyonda ürünlerden biri seçilir, SIFT ve SURF yöntemleri ile gözlemlenen yerleşimde ve planogramda bu ürün tespit edilmeye çalışılır. Bu adımın nasıl yapıldığı dördüncü bölümde detaylarıyla anlatılmıştır. Ürünle en çok benzerlik gösteren yerleşim ögesi bulunur ve çerçeve içine alınır. Tespit edilen ürünler, ürüne ait tekil bir referans ile bir harita (yığın) içine kaydedilir. Bu haritada anahtar olarak ürüne ait referans kullanılır. Bu referans ürünün adı gibi bir söz diziminden ya da ürünün barkod numarası gibi bir sayıdan ya da ikisinin birleşiminden ibaret olabilir. Dikkat edilmesi gereken nokta her ürüne karşılık gelen anahtarın o ürüne özgü ve tekil olmasıdır. Haritadaki bu anahtar ile her ürünle ilgili bilgi veren nesnelere erişilir. Bu nesne tespit edilen ürünün gözlenen planogramdaki konum bilgilerini içerir.

Her görüntü piksellerden meydana gelmektedir. Planogram veya gerçek yerleşim görüntülerinde tespit edilen her bir ürünün kendine özgü bir konumu vardır. Bu konum ürünün genişlik ve uzunluk ölçülerinin piksel cinsinden karşılık geldiği değerler ile hesaplanır. Bu değerler resmin tamamının boyutlarına bağlı olarak hesaplanır. Böylelikle tespit edilen her ürünün çerçeve içindeki piksellerine erişme imkanı olacaktır.

Ürünler gözlemlenen yerleşimde tespit edilip çerçeve içine alındıktan itibaren, komşuluğundaki ürünler bulunmaya çalışılır. Bunun için bir raf düzeninin yatay

eksende uzandığı göz önünde bulundurulursa, rafa ait görüntünün $X = 0$ noktasından başlayarak sırasıyla en sondaki ürüne kadar raftaki ürünlere ait komşuluk matrisi çıkarılmaya çalışılır.

Raf görüntüsünün $x - y$ koordinat düzleminin $[0, 0]$ noktasından başlayarak koordinat düzleminin birinci bölgesi ($X > 0$ & $Y > 0$) boyunca uzandığını ve genişliği w olan A olarak adlandırılacak raftaki ilk ürünün $[0, 0]$ ile $[w, 0]$ aralığında uzandığını varsayalım. $X > w$ şartını sağlayacak her piksel için bu pikselin tespit edilen bir ürünün sınırları içerisinde olup olmadığı kontrol edilir. Eğer piksel B ürünün sınırları içinde ise B ürünü A 'nın en yakın komşuluğunda bulunan üründür. Aynı şekilde B 'nin x -eksenindeki en uç noktasından başlanarak bir önceki işlem tekrar edilir ve B 'nin diğer komşuluğundaki ürün eğer varsa bulunur. Bu şekilde gözlenen planogram görüntüsünün sonuna kadar x ekseninde ilerlenir ve en sonunda tüm ürünleri içeren bir komşuluk matrisi elde edilmiş olur.

Uygulamanın ikinci adımında aynı işlem planogram üzerinde uygulanır ve planogramdaki ürünler için de komşuluk matrisi elde edilir.

Üçüncü ve son adımda ise gözlemlenen yerleşime ait komşuluk matrisi ile planograma ait komşuluk matrisi karşılaştırılır. Eğer iki matrisin bütün aynı indisli terimleri eşit ve bunlara ait komşuluk değerleri aynı ise, bu matrisler eşittir. Bu durumda tam planogram uyumluluğu sağlanmış demektir yani gözlenen planograma ait raf olması gerektiği gibi planograma uygun olarak dizilmiştir denir. Eğer iki matrisin aynı indisli terimlerinden herhangi bir tanesi eşit değil ise, bu matrisler eşit değildir. Bu durumda gözlenen planograma ait raf için planogram uyumluluğu sağlanmamıştır denir. Matris eşitliğini bozan terim planogramda hangi ürüne karşılık geliyorsa, o ürünle ilgili bir uyumsuzluk olduğu anlamına gelir.

5.1 Deneysel Çalışma

Deneysel çalışma bir önceki bölümde teorik olarak anlatılan yöntem kullanılarak yapılmıştır. Deneysel çalışma için dört farklı alternatif düzenek tasarlanmıştır. Düzenekler için deterjan rafı ve referans yerleşime (planogram) ait tek bir kat referans alınmıştır. Test sayısını arttırabilmek için gerçek raf görüntüsü sabit tutularak, referasn yerleşimler üzerinde oynamalar yapılmıştır. Referans alınan raf görüntüsü Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



Şekil 5.1: Raf görüntüsü: Gözlemlenen yerleşim.

Deneysel çalışma için tasarlanan dört farklı alternatif düzenek şunlardır:

- Planogram 1: Gözlemlenen yerleşim referans yerleşimle uyumlu
- Planogram 2: Gözlemlenen yerleşimde ürünler doğru ancak sıralama farklı
- Planogram 3: Gözlemlenen yerleşimde bir eksik ürün var
- Planogram 4: Gözlemlenen yerleşimde bir fazla ürün var

Birinci düzenekte referans yerleşim ve raftaki ürünlerin sıramaları ve sayıları birbirini ile aynıdır.

Şekil 5.2’de birinci düzenek için kullanılacak planogram gösterilmektedir.



Şekil 5.2: Birinci düzenekte kullanılan referans yerleşim.

İkinci düzenekte referans yerleşimdeki ve raftaki ürünler birbirileri ile aynı fakat sıralamaları farklıdır.

Şekil 5.3’te ikinci düzenekte kullanılacak referans yerleşim gösterilmektedir.



Şekil 5.3: İkinci düzenekte kullanılan referans yerleşim.

Üçüncü düzenekte, referans yerleşimdeki ürünlerin sayısı gözlemlenen raftaki ürünlerden bir fazladır. Fazla olan ürünün dışında diğer ürünlerin sıralamaları doğrudur. Tüm ürünler doğru sırada ve sayıda olmadığı için planogram uyumsuzluğu vardır ve uygulamanın bu uyumsuzluğu tespit etmesi beklenmektedir. Şekil 5.4'te üçüncü düzenek için kullanılacak referans yerleşim gösterilmektedir.



Şekil 5.4: Üçüncü düzenekte kullanılan referans yerleşim.

Dördüncü düzenekte, gözlemlenen raftaki ürünlerin sayısı referans yerleşimdeki ürünlerden bir fazladır. Fazla olan ürünün dışında diğer ürünlerin sıralamaları da referans yerleşimdeki boşluktan dolayı yanlıştır. Tüm ürünler doğru sırada ve sayıda olmadığı için planogram uyumsuzluğu vardır ve uygulamanın bu uyumsuzluğu tespit etmesi beklenmektedir. Şekil 5.5'te dördüncü düzenek için kullanılacak olan referans yerleşim gösterilmektedir.



Şekil 5.5: Dördüncü düzenekte kullanılan referans yerleşim.

5.1.1 Birinci düzeneğin uygulaması

Şekil 5.6'da birinci düzenekte kullanılan referans yerleşimdeki ürünler tespit edilip mavi çerçeve ile çevrelenmiştir.



Şekil 5.6: Birinci düzenekte kullanılan referans yerleşimde ürün tespiti.

Şekil 5.6'da içerdiği ürünlerin yerleri saptanmış referans yerleşimin komşuluk matrisi Şekil 5.7'de gösterilmiştir.

P	Ariel	Omo	Persil	Peros
Ariel	0	1	0	0
Omo	1	0	1	0
Persil	0	1	0	1
Peros	0	0	1	0

Şekil 5.7: Birinci düzenekte kullanılan referans yerleşime ait komşuluk matrisi.

Şekil 5.8'de ise gerçek raf görüntüsünde yer alan ürünler geliştirilen uygulama ile tespit edilip mavi çerçeve ile çevrelenmiştir.



Şekil 5.8: Market rafındaki ürünlerin uygulamadaki tespiti.

Şekil 5.8’de içindeki ürünlerin yerleri saptanmış raf görüntüsünün komşuluk matrisi Şekil 5.9’da gösterilmiştir.

R	Ariel	Omo	Persil	Peros
Ariel	0	1	0	0
Omo	1	0	1	0
Persil	0	1	0	1
Peros	0	0	1	0

Şekil 5.9: Gerçek raf görüntüsünün komşuluk matrisi.

Referans yerleşimin ve rafın, komşuluk matrisleri birbirleri ile eşit oldukları için, planogram uyumluluğu saptanmıştır.

5.1.2 İkinci düzeneğin uygulaması

İkinci düzenekte Şekil 5.1’deki gerçek raf görüntüsü sabit tutularak, referans yerleşime ait düzenek Şekil 5.3’te gösterildiği üzere değiştirilmiştir.

Şekil 5.10’da ürünlerin uygulamadaki tespiti görsel olarak ifade edilmektedir.



Şekil 5.10: İkinci düzenekte kullanılan referans yerleşimde ürün tespiti.

Şekil 5.10’da, içindeki ürünlerin yerleri saptanmış referans yerleşime ait komşuluk matrisi Şekil 5.11’de gösterilmiştir.

R	Ariel	Omo	Persil	Peros
Ariel	0	0	0	1
Omo	0	0	1	0
Persil	0	1	0	1
Peros	1	0	1	0

Şekil 5.11: İkinci düzenekte kullanılan referans yerleşime ait komşuluk matrisi.

Şekil 5.9'daki gerçek raf görüntüsünün komşuluk matrisi ile, Şekil 5.11'deki ikinci düzenekte kullanılan referans yerleşime ait rafın komşuluk matrisleri birbirlerine eşit olmadığı için planogram uyumsuzluğu tespit edilmiştir.

5.1.3 Üçüncü düzeneğin uygulaması

Üçüncü düzenekte Şekil 5.1'deki gerçek raf görüntüsü sabit tutularak, referans yerleşime ait düzenek Şekil 5.4'te gösterildiği üzere değiştirilmiştir.

Şekil 5.12'de ürünlerin uygulamada tespiti görsel olarak ifade edilmektedir. Tespit edilen her bir ürün mavi çizgi ile çevrelenmiştir.



Şekil 5.12: Üçüncü düzenekte kullanılan referans yerleşimde ürün tespiti.

Şekil 5.12'de içindeki ürünlerin yerleri saptanmış referans yerleşime ait komşuluk matrisi, Şekil 5.13'te gösterilmiştir.

P	Ariel	Omo	Persil	Peros	Peros 2
Ariel	0	1	0	0	0
Omo	1	0	1	0	0
Persil	0	1	0	1	0
Peros	0	0	1	0	1
Peros 2	0	0	0	1	0

Şekil 5.13: Üçüncü düzenekte kullanılan rafın komşuluk matrisi.

Şekil 5.9'daki gerçek raf görüntüsüne ait komşuluk matrisi ile, Şekil 5.13'teki üçüncü düzenekte kullanılan referans yerleşime ait rafın komşuluk matrisleri birbirlerine eşit olmadığı için planogram uyumsuzluğu tespit edilmiştir.

5.1.4 Dördüncü düzenegin uygulaması

Dördüncü düzenek için Şekil 5.1'deki gerçek raf görüntüsü sabit tutularak, referans yerleşime ait düzenek Şekil 5.5'te gösterildiği üzere değiştirilmiştir.

Şekil 5.14'te ürünlerin uygulamada tespiti görsel olarak ifade edilmektedir.



Şekil 5.14: Dördüncü düzenekte kullanılan referans yerleşimde ürün tespiti.

Şekil 5.14'te içindeki ürünlerin yerleri saptanmış referans yerleşime ait komşuluk matrisi, Şekil 5.15'te gösterilmiştir.

P	Ariel	Boş	Persil	Peros
Ariel	0	1	0	0
Boş	1	0	1	0
Persil	0	1	0	1
Peros	0	0	1	0

Şekil 5.15: Dördüncü düzenekte kullanılan referans yerleşime ait komşuluk matrisi.

Şekil 5.9'daki gerçek raf görüntüsüne ait komşuluk matrisi ile, Şekil 5.15'teki dördüncü düzenekte kullanılan referans yerleşime ait rafın komşuluk matrisleri birbirlerine eşit olmadığı için planogram uyumsuzluğu tespit edilmiştir.

5.2 Deneysel Çalışmanın Sonuçları

Bölüm 5'te önerilen yöntemin uygulaması bölüm 5.1. de aşama aşama adımları açıklanan deneysel çalışmada yapılmıştır. Bilgisayar ortamında geliştirilen uygulamada ürün tespiti için SIFT ve SURF algoritmaları kullanılmıştır. Her iki algoritma her bir düzenek için denenmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

Planogram uyumluluğu belirlenirken, öncelikle gözlenen yerleşimde ve referans yerleşimde tespit edilen ürünlere ait komşuluk matrislerinin boyutu değerlendirmeye alınır. Eğer her iki matrisin boyutu eşit ise sırasıyla matris indislerinin aynı olup olmadığı karşılaştırılır. Her iki matrisin tüm indisleri aynı ise bu indislere karşılık gelen komşuluk değerlerine bakılır. Eğer onlar da aynı ise tam (%100) planogram uyumluluğu vardır denir. Eğer planogramda tam uyumluluk yoksa, yani matris boyutları, indisler ya da komşuluk değerlerinden herhangi biri ya da birden fazlası uyumsuz ise, uyumlu olan ürünlerin sayısı ile toplam ürün sayısı birbirine oranlanarak kısmi planogram uyumluluğu yüzde cinsinden hesaplanır.

Uygulamada iki ürün arasında boşluk olup olmadığını tespit etmek için iki ürün arasındaki boşluğun genişliği ile iki ürünün boyutlarından küçük olanının genişliği

kullanılmıştır. Eğer iki ürün arasındaki boşluk, boyutu küçük olan ürünün genişliğinin yarısından fazla ise rafta boşluklu bir yerleşim olduğu kabul edilir ve boşluk bir ürün gibi matriste indis olarak belirtilir. Eğer iki ürün arasındaki boşluk, boyutu küçük olan ürünün genişliğinin yarısından az ise boşluk raf düzeni içerisinde olabilecek kabul edilebilir bir boşluktur denir ve iki ürün bitişik ve birbiri ile komşu kabul edilir.

Düzenek 1, 2 ve 4 için her iki algoritmayla da raf ve planogramdaki tüm ürünler %100 başarı oranıyla doğru tespit edilmiştir. Bu üç düzenekte tam uyumluluk tespit edilmiştir. Sadece düzenek 3'te SURF algoritması fazla ürün içeren planogramda bir ürünü tespit edememiştir. Raf ve planogramdaki toplam 9 üründen 8'ini doğru tespit etmiştir. Dolayısıyla düzenek 3'te SURF algoritması %89 başarı oranıyla doğru tespit yapmıştır.

Tespit edilen ürünlerin piksel koordinatlarına göre komşuluk matrisleri oluşturulmuştur. Tüm düzeneklerde planogram ve raf uyumluluğu ya da uyumsuzluğu doğru tespit edilmiştir. Düzenek 3'te hatalı eksik tespit edilen ürüne rağmen, raf ve planogram uyumsuz olduğu için true-negative olarak uyumsuzluk doğru tespit edilmiştir. Bu durumdan kaynaklı olarak üçüncü düzenekte planogramda ürün sırası ve konumu baz alındığında başarılı tespit oranı %80'dir.

SIFT ve SURF algoritmaları performans açısından birbirleri ile karşılaştırıldığında, SURF her test düzenğinde SIFT'e göre daha performanslıdır. Uygulamanın başlanıp ve bitiş zamanları arasında geçen sürenin hesaplandığı testlerde SURF, SIFT'e göre en az yaklaşık iki kat daha hızlı çalışmaktadır.

SIFT ve SURF kararlılık açısından karşılaştırıldığında ise, her iki algoritmada da aynı senaryonun tekrar edilen tüm testlerinde aynı sonuçları üretmiştir.

Ürün tespit için başarı oranları kıyaslandığında ise SIFT 4 ayrı düzenekteki her ürün için %100 başarı oranıyla doğru tespit yaparken, SURF ise düzenek 3'teki bir ürünü tespitte başarısız olup %89 başarı oranında kalmıştır. Buradan çıkan sonuçlar literatür ile uyumlu sonuçlar vermektedir. SIFT, SURF'e göre ölçek değişimlerinden daha az etkilendiği için üçüncü düzenekte planogram farklı bir ölçekte görüntü ile test edildiğinde SIFT tamamını doğru tespit edebilmişken, SURF ise beş üründen dördünü başarıyla tespit edip bir ürünü bulamamıştır. Literatürde kullanılan

yöntemlerin kıyaslanması yapıldığı bölüm 3.2’de de açıklandığı üzere SIFT ölçek değişimlerinde SURF’e göre daha kararlı sonuçlar vermiştir.

Bu verilerden yola çıkarak, algoritma seçimi yaparken çözümün uygulanacağı sistemin ihtiyaçları belirleyici olacaktır. Tespit süresinin ve maliyetin ön planda olduğu bir sistemde SURF algoritması, SIFT’e göre öncelik kazanacaktır. Test sürelerinde SURF’un performansı SIFT’e göre iki kat daha iyidir. Diğer yandan sonuçtaki yüksek doğruluk oranının ve kararlılığın daha önemli olduğu bir sistemde, SIFT, SURF’e göre iyi sonuç verecektir. Sistemde farklı ölçeklerde ve yönlerde görüntü çeşitliliği oluşma ihtimali yükseldikçe, SIFT’in sonuçlardaki başarısı da artacaktır. Yukarıda detaylı anlatımı yapılan SIFT ve SURF karşılaştırmasının Çizelge 5.1’de yapılan özet tablosu verilmiştir.

Çizelge 5.1: SIFT ve SURF karşılaştırma tablosu.

	SURF	SIFT
Performans	++	+
Maliyet	++	+
Doğruluk Oranı	+	++
Kararlılık	+	++

Bu çalışma ile planogram uyumluluğunun görüntü işleme teknikleri kullanılarak tespiti yapılabilmektedir. Olası bir uyumsuzluğun hangi sıradaki üründen kaynaklandığı bulunmuştur.

Çizelge 5.2’de her bir düzenek için SIFT ve SURF algoritmaları ile çalıştırıldıklarında ortaya çıkan metrikler verilmiştir. Tabloda kullanılan kısaltmaların ne anlama geldiği aşağıda açıklanmaktadır.

- Raftaki ve planogramdaki her bir ürünü başarılı tespit etme oranı: X1
- Planogram – raf uyumluluğunu doğru tespit etme oranı: X2
- Ürün tespit etme süresi ve performansı: X3 (10 kez tekrarlanan testin ortalama süresidir)

X2 hesaplanırken, planogramda konum ve sıra olarak doğru tespit edilen ürün sayısı ile planogramdaki toplam ürün sayısı birbirine oranlanır.

Çizelge 5.2: Her bir düzenek için SIFT ve SURF algoritmalarının metrikleri.

	Düzenek 1	Düzenek 2	Düzenek 3	Düzenek 4
SIFT	X1: %100	X1: %100	X1: %100	X1: %100
	X2: %100	X2: %100	X2: %100	X2: %100
	X3:~ 0.930 sn	X3:~ 0.928 sn	X3:~ 0.922 sn	X3:~ 0.620 sn
SURF	X1: %100	X1: %100	X1: %89	X1: %100
	X2: %100	X2: %100	X2: %80	X2: %100
	X3:~ 0.421 sn	X3:~ 0.428 sn	X3:~ 0.391 sn	X3:~ 0.275 sn

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, yalnızca referans planogram, gözlemlenen raf görüntüsü ve her ürüne ait birer model görüntü bilgilerinden faydalanılarak perakende mağzalarındaki raflar için planogram uyumluluk tespiti yapabilen bir sistem geliştirilmiştir. Sistemde kullanılan görüntü işleme teknikleri ile böyle bir çalışmanın büyük miktarda veri gerektirmeden yapılabilir olması önemli bir kazanımdır. Nesne tanıma sistemlerinde kullanılan CNN gibi derin öğrenme tekniklerinin kullanıldığı çalışmalarda genellikle yüksek başarı oranı yakalanmasına rağmen, çalışmayı başlatmak için gereksinim duyulan veri miktarının çok büyük olması ve bu büyük veri setinin sınıflandırılmak istenen test sınıflarını içerecek şekilde tek tek etiketlenme zahmeti gerektirmesi bu yöntemi kullanabilmek için daha geniş zaman ve daha fazla efor gerektirmektedir.

Görüntü işlemede kullanılan nesne tanıma algoritmaları görüntülerin kalitesi, ortamın ışığı, karşılaştırma yapılacak görüntülere ait perspektif farklılıkları gibi faktörlere bağlı olarak farklı sonuçlar verebilmesi beklenen bir durumdur. Bu faktörlere bağlı hatalı tespit senaryolarının azaltılması için durumun şartları ile en uyumlu çalışan algoritma seçilmelidir. Girdi olarak kullanılan görüntülerde aranan ürünler dışındaki gürültülerin filtrelenmesi gibi normalizasyon işlemlerine tabi tutularak kullanılması sistemin kararlılığını ve başarı oranını pozitif yönde etkileyebilmektedir.

Çalışmanın daha geniş bir örnek kümesi üzerinde yapılması ile başarı oranı hakkında daha güvenilir istatistiksel veriler paylaşılması mümkün olabilecektir. Ayrıca göz önünde bulundurulması gereken ek faktörlerin olup olmadığı da daha net anlaşılacaktır. Bölüm 5.2’de hangi algoritmaların birbirlerine karşı avantajları ve dezavantajlarını içeren bir özet yapılmıştır. Bu özet hem literatürdeki çalışmaların sonuçları hem de uygulamanın sonuçları ile uyumludur. Yine de çok sayıda veri setiyle denemeler yapıldığında hangi algoritmanın hangi koşullarda daha iyi sonuç verdiği ve kaynak ihtiyacı daha gerçeğe yakın verilerle elde edilecektir. Buradan hareketle karar vericilere ihtiyaçları doğrultusunda algoritma seçimi yapmalarında yol gösterici olacaktır.

Bununla birlikte yapılan deneysel çalışmada, planogram ve raf uyumluluğu görüntü işleme teknikleri kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Uygun şartlarda çekilen görüntüler üzerinde ürünlerin yeri tespit edilmiş ve komşuluk matrisleri hesaplanmıştır. Rafa ve planograma ait komşuluk matrislerinin karşılaştırılmasıyla planogram uyumluluğu ya da uyumsuzluğu tespit edilmiştir.

Planogram uyumluluğunun teknoloji yardımıyla tespitinin, raf düzeni ile çalışan mağazalarda ve marketlerde insan kaynaklarının daha verimli kullanılması, maliyetten tasarruf edilmesi gibi doğrudan etkileri olacaktır. Planogram uyumluluğunun sürekli sağlanmasıyla satışlara olan dolaylı etkisi de daha iyi ölçülebilir hale gelecektir.



KAYNAKLAR

- [1] **Bay H., Ess A., Tuytelaars T., Van Gool L.** (2009) “Speeded-up Robust Features”
- [2] **Advani S., Smith B., Tanabe Y., Irick K., Cotter M., Sampson J., and Narayan V.** (2015) “Visual co-occurrence network: using context for large-scale object recognition in retail. In Embedded Systems For Real-time Multimedia.” ESTIMedia, 1–10
- [3] **Cotter M., Advani S., Sampson J., Irick K., and Narayanan V.** (2014) “A hardware accelerated multilevel visual classifier for embedded visual-assist systems.” In Proceedings of the IEEE/ACM International Conference on Computer-Aided Design. IEEE Press. 96–100
- [4] **Frontoni E., Mancini A., Zingaretti P., and Placidi V.** (2014) “Information management for intelligent retail environment: The shelf detector system.” Information, 255–271.
- [5] **Tonioni A., Stefano L.**, (2017) “Product recognition in store shelves as a sub-graph isomorphism problem” Department of Computer Science and Engineering Viale del Risorgimento, Bologna
- [6] **Shapiro M.**, (2009) “Executing the best planogram.” Professional Candy Buyer, Norwalk, CT, USA
- [7] **Tombari F., and Di Stefano L.**, (2014) “Interest points via maximal self-dissimilarities. In Computer Vision” ACCV 586–600.
- [8] **Merler M., Galleguillos C., Belongie S.**, (2007) “Recognizing groceries in situ using in vitro training data, Computer Vision and Pattern Recognition” CVPR’07. IEEE Conference on, IEEE., 1–8.
- [9] **Santra B., Mukherjee D.**, (2019) “A comprehensive survey on computer vision based approaches for automatic identification of products in retail store”, Image and Vision Computing, 86, 45-63.
- [10] **Lowe D.**, (1999) “Object recognition from local scale-invariant features”, Computer vision,. The proceedings of the seventh IEEE international conference on, vol. 2, 1150–1157.
- [11] **Piccinini P., Prati A., Cucchiara R.**, (2012) “Real-time object detection and localization with SIFT-based clustering”, Image and Vision Computing 573–587.

- [12] **Bosch A., Zisserman A., Munoz X.** (2007) “Image classification using random forests and ferns, Computer Vision, IEEE 11th International Conference on, IEEE., pp. 1–8.
- [14] **Herbert B., Tinne T., Luc Van G.** (2011) “SURF: Speeded Up Robust Features”, ETH Zurich.
- [15] **Frontoni E., Marinelli F., Rosetti R., and Zingaretti P.** (2017) “Shelf space re-allocation for out of stock reduction” Computers & Industrial Engineering, 32–40.
- [16] **Frontoni E., Contigiani M., Ribighini G.** (2014) “A heuristic approach to evaluate occurrences of products for the planogram maintenance” Dipartimento di Ingegneria dell’Informazione, 1–8.
- [17] **Liu S., Hongda T.** (2015) “Planogram Compliance Checking using Recurring Patterns” Advanced Multimedia Research Lab, 27–32.
- [18] **Higa K., Iwamoto K.** (2019) “Robust Shelf Monitoring Using Supervised Learning for Improving On-Shelf Availability in Retail Stores” Advanced Multimedia Research Lab, 2–20.
- [19] **Liu S., Hongda T.** (2019) “A comprehensive survey on computer vision based approaches for automatic identification of products in retail store” Image and Vision Computing, 46-60.
- [20] **Gruen T., Corsten D.** (2008) “A Comprehensive Guide To Retail Out-of-Stock Reduction”
- [21] **Gruen T., Corsten D., Bharadwaj S.** (2007) “Retail Out-of-Stocks: A Worldwide Examination of Extent, Causes and Consumer Responses”
- [22] **Tareen S., Saleem Z.** (2018) “A Comparative Analysis of SIFT, SURF, KAZE, AKAZE, ORB, and BRISK” International Conference on Computing
- [23] **Oyallon, E., Rabin, J.** (2015). “An analysis of the SURF method. Image Processing On Line”, 5, 176-218.
- [24] **Lowe, D. G.** (2004) “Distinctive image features from scale-invariant keypoints.”, International journal of computer vision, 60 (2), 91-110.
- [25] **Dudani, S. A.** (1976) “The distance-weighted k-nearest-neighbor rule.”, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, (4), 325-327.

- [26] **Silva, L. A., Del-Moral-Hernandez, E.** (2011) "A SOM combined with KNN for classification task. In The 2011 International Joint Conference on Neural Networks.", IEEE, 2368-2373.
- [27] **N. Jayanthi., S. Indu.** (2018) "Comparison of Image Matching Techniques.", International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology, (7), 396-401.
- [28] **Jindal, R., Watta, S.** (2014) "SIFT: Scale Invariant Feature Transform (Review)." International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology.
- [29] **Hu, X., Tang, Y., Zhang, Z.** (2008) "Video object matching based on SIFT algorithm". International Conference on Neural Networks and Signal Processing, 412-415.
- [30] **Url-1** <<https://medium.com/software-incubator/introduction-to-surf-speeded-up-robust-features-c7396d6e7c4e>>, erişim tarihi 04.02.2020.
- [31] **Url-2** <<https://medium.com/analytics-vidhya/introduction-to-sift-scale-invariant-feature-transform-65d7f3a72d40>>, erişim tarihi 29.01.2020.
- [32] **Url-3** <https://en.wikipedia.org/wiki/Orthographic_projection>, erişim tarihi 01.03.2020.
- [33] **Url-4** <<https://www.analyticsvidhya.com/blog/2018/03/introduction-k-neighbours-algorithm-clustering/>>, erişim tarihi 07.03.2020.
- [34] **Url-5** <<https://www.cognizant.com/InsightsWhitepapers/Planogram-Compliance-Making-It-Work.pdf>>, erişim tarihi 12.02.2020.
- [35] **Url-6** <<https://markamuduru.com/planogram-nedir/>>, erişim tarihi 05.06.2020.



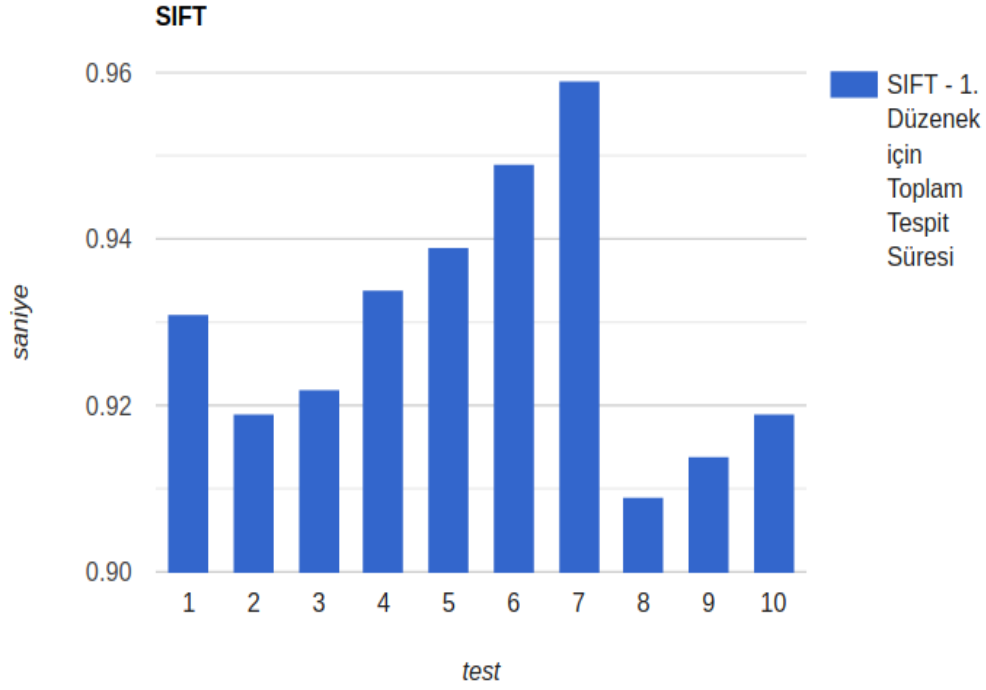
EKLER

Ek A: SIFT ürün tespit süreleri

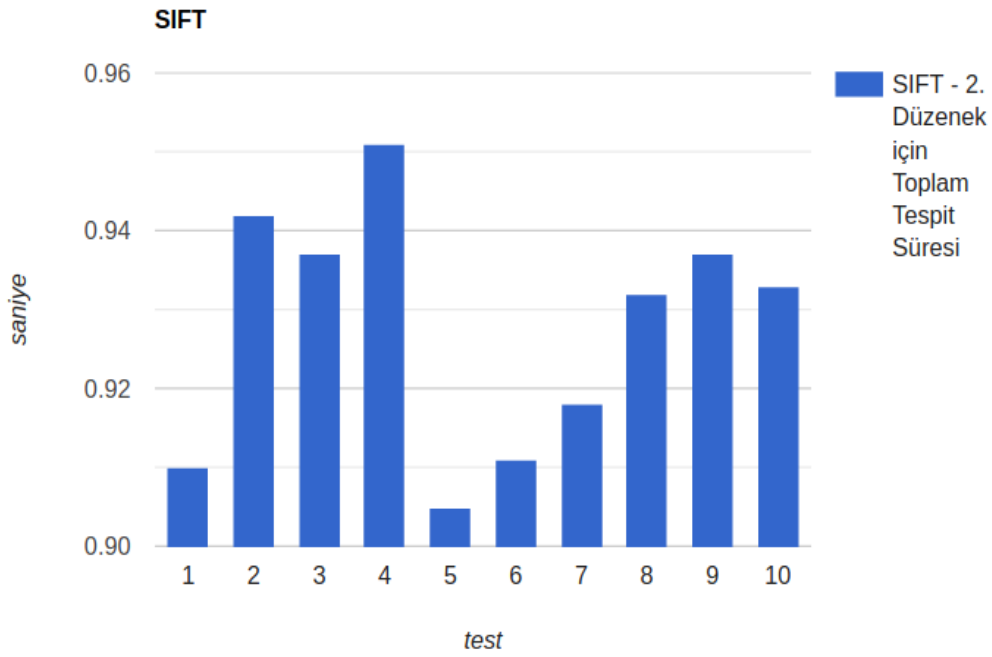
Ek B: SURF ürün tespit süreleri



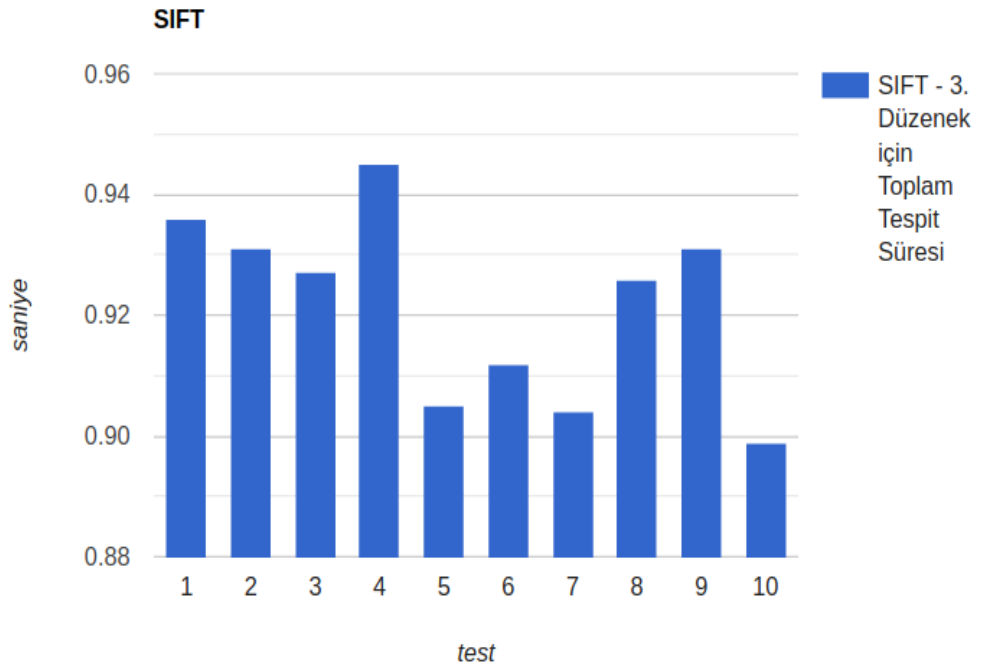
EK A



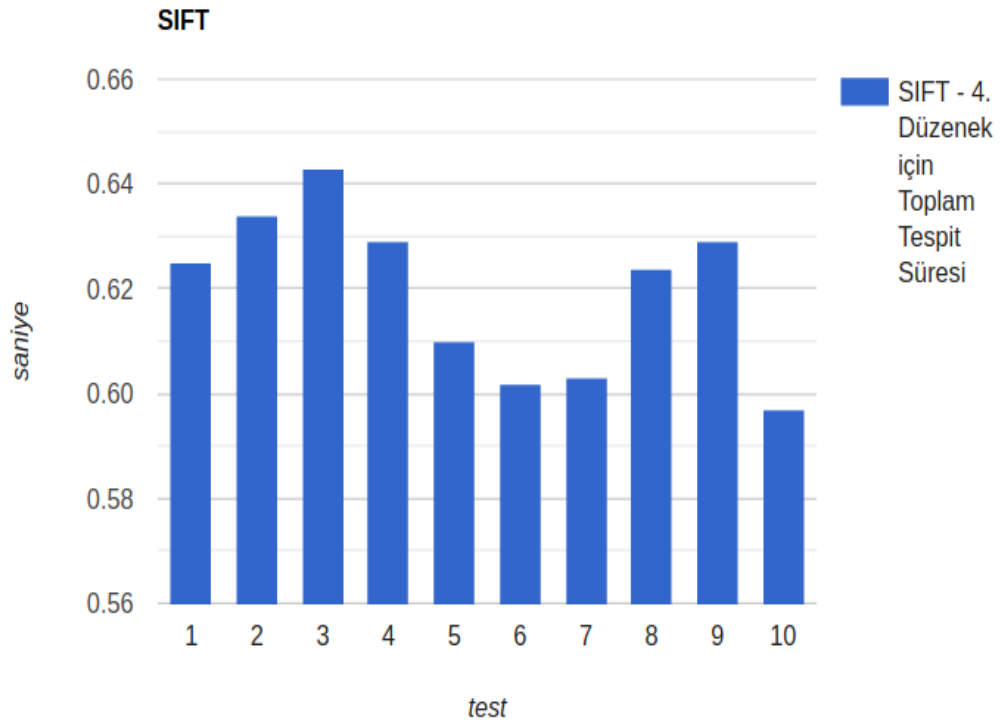
Şekil A.1: 1. Düzenek için SIFT ürün tespit süreleri



Şekil A.2: 2. Düzenek için SIFT ürün tespit süreleri

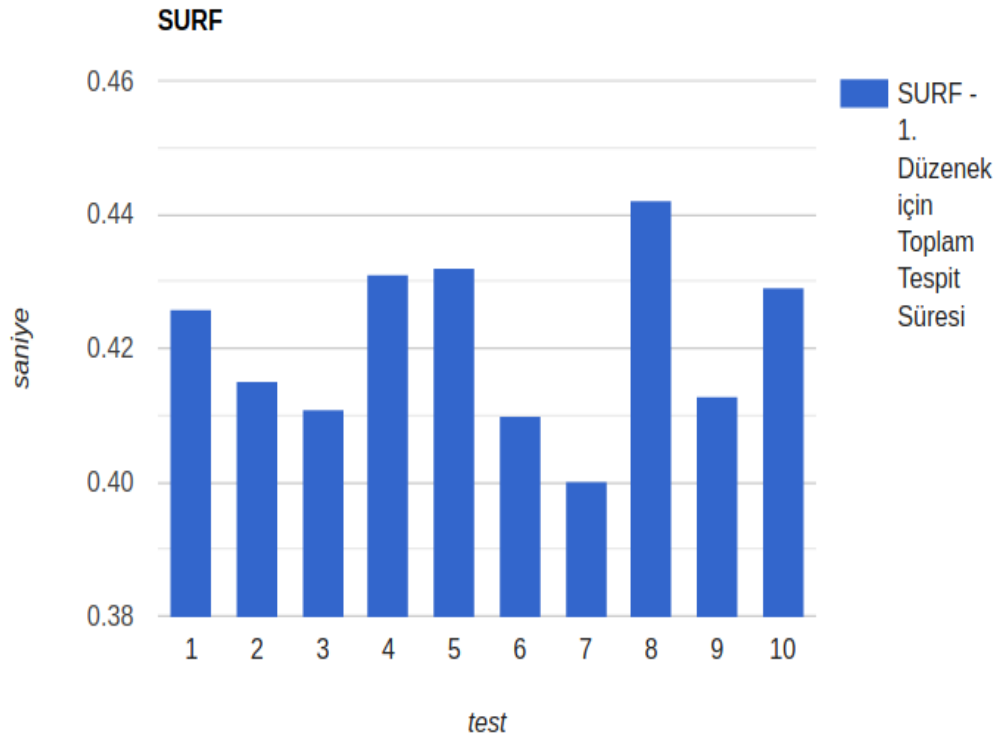


Şekil A.3: 3. Düzenek için SIFT ürün tespit süreleri

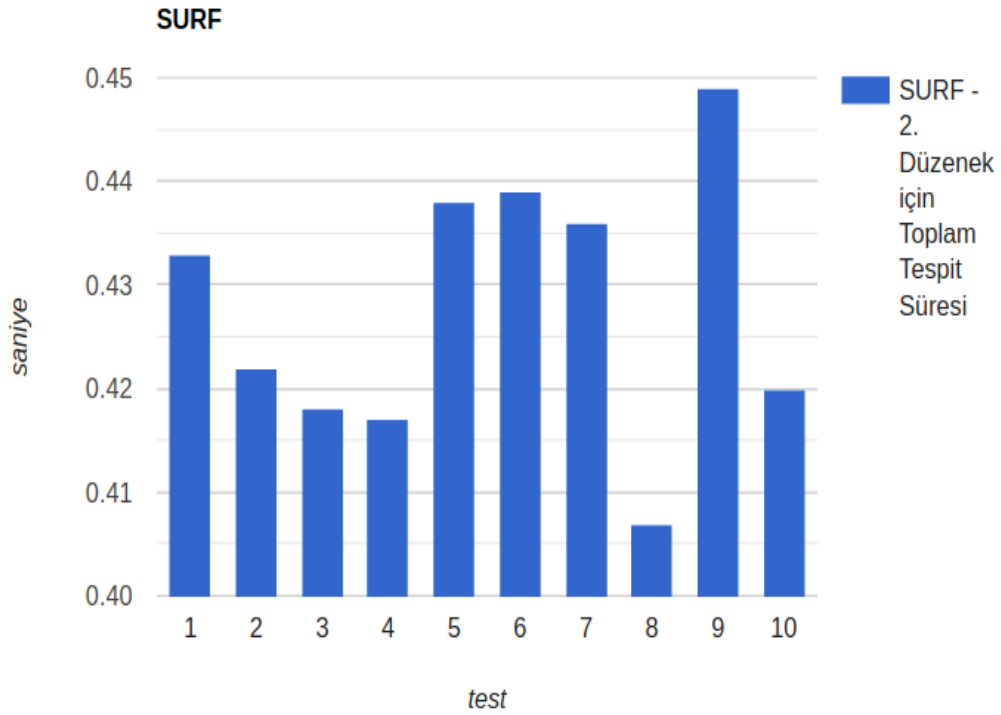


Şekil A.4: 4. Düzenek için SIFT ürün tespit süreleri

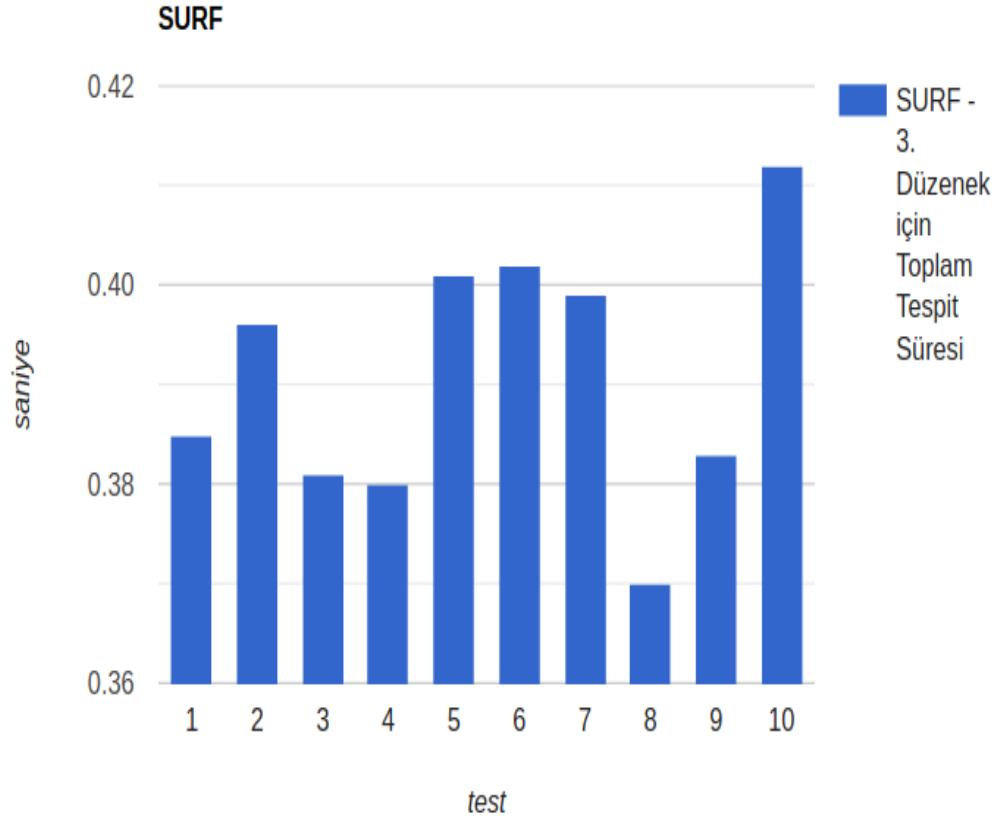
EK B



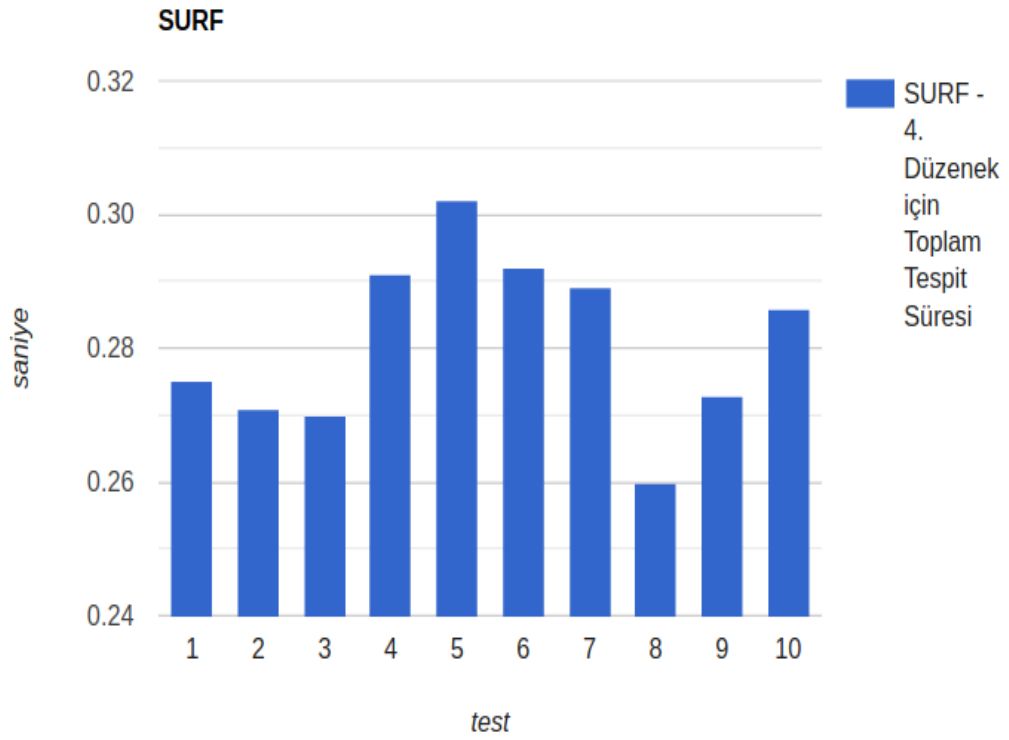
Şekil B.1: 1. Düzenek için SURF ürün tespit süreleri



Şekil B.2: 2. Düzenek için SURF ürün tespit süreleri



Şekil B.3: 3. Düzenek için SURF  r n tespit süreleri



Şekil B.4: 4. Düzenek için SURF  r n tespit süreleri



ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Ali İhsan ÜSTÜN
Doğum Tarihi ve Yeri : 12/03/1990, Denizli/Merkez
E-Posta : aliihsanustun@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- 2012 – 2015 : Vodafone, Yazılım Mühendisi
- 2015 – 2017 : Ericsson, Yazılım Mühendisi
- 2017 – 2019 : Sahibinden.com, Kıdemli Yazılım Mühendisi
- 2019 – : Commencis, Kıdemli Yazılım Mühendisi

