



Makale / Research Paper

Kenar Algılama Algoritmaları Arasında Nesnel Performans Karşılaştırması

Ramazan Emre ODUNCUOĞLU¹, Özge ÖZTİMUR KARADAĞ¹,

¹Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü.
Alanya/Antalya/TÜRKİYE
1080254023@ogr.alanya.edu.tr

Received/Geliş: 20.06.2022

Accepted/Kabul: 24.11.2022

Öz: Kenar algılama operatörlerinin başarısı bilgisayarlı görü algoritmaları için çok önemlidir. İyi çıkarılmış bir kenar haritası kendisinden sonra gelen bütün işlemlerin performansında hayati bir rol oynayacaktır. Bu çalışmada çeşitli şehir fotoğrafları alınarak standart bir dizi ön işleminden geçirilmiştir. Elde edilen bu görüntüler seçilen Canny, Sobel ve Prewitt kenar algılama algoritmalarının işlenmiş ve gerçek referans değer veriler kullanılarak performansları yönünden karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalarda kenar algılama algoritmalarının başarısı kesinlik, duyarlılık ve f skoru hesaplamaları yöntemleriyle değerlendirilmiştir. Yaptığımız literatür taramasında kenar algılama operatörlerinin performanslarının değerlendirilmesinde bu kriterleri kullanan çalışmalar ile karşılaşmadık. Bu çalışmada Canny, Sobel ve Prewitt kenar algılama operatörlerinin performanslarını bu üç kriter ile değerlendirdik. Bu çalışma içerisine görüntü işleme ve algoritmaların karşılaştırılması için kullanılan programlar ve kod parçaları eklenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kullanılan veri seti üzerinde Canny, Sobel, ya da Prewitt kenar algılama operatörleri arasında gerçek referans değere karşı anlamlı üstünlük tespit edilememiş ancak karşılaştırma işleminin nesnel bir çıktıya dönüştürülebileceği ispatlanmıştır. Bu çalışmanın ikinci kısmında diğer algoritmalar da karşılaştırmaya eklenerek çalışma genişletilecek ve eksiksiz bir performans testi elde edilmiş olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kenar algılama operatörleri; Sayısal görüntü işleme, Sobel operatörü; Canny operatörü, Prewitt operatörü.

Objective Performance Comparison Between Edge Detection Algorithms

Abstract: The success of edge detection operators is very important for computer vision algorithms. A well-drawn edge map will play a vital role in the performance of all subsequent operations. In this study, various city photographs were taken, and a standard set of preprocessing was performed. These obtained images were processed by selected Canny, Sobel and Prewitt edge detection algorithms and compared in terms of performance using real reference value data. In these comparisons, the success of the edge detection algorithms was evaluated by the methods of precision, sensitivity, and f-score calculations. In our literature review, we did not encounter any studies using these criteria in evaluating the performance of edge detection operators. In this study, we evaluated the performances of the Canny, Sobel and Prewitt edge detection operators with these three criteria. Programs and code fragments used for image processing and comparison of algorithms are included in this study. According to the results obtained, no significant superiority could be detected between the Canny, Sobel, or Prewitt edge detection operators on the data set used against the real reference value, but it has been proven that the comparison process can be converted into an objective output. In the second part of this study, other algorithms will be added to the comparison and the study will be expanded and a complete performance test will be obtained.

Keywords: Edge detection; Digital image processing; Sobel operator; Canny operator; Prewitt Operator.

Bu makaleye atf yapmak için

^aOduncuoğlu, R.E., ^bÖztimur Karadağ Ö., "Kenar Algılama Algoritmaları Arasında Nesnel Performans Karşılaştırması" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2022, 9(4); 1290-1302.

How to cite this article

Oduncuoğlu, M., Uygunoğlu, T., Önen, A., "Objective Performance Comparison Between Edge Detection Algorithms" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2022, 9(4); 1290-1302.

ORCID ID: *0000-0001-7014-0453; *0000-0001-7053-5383;

1. Giriş

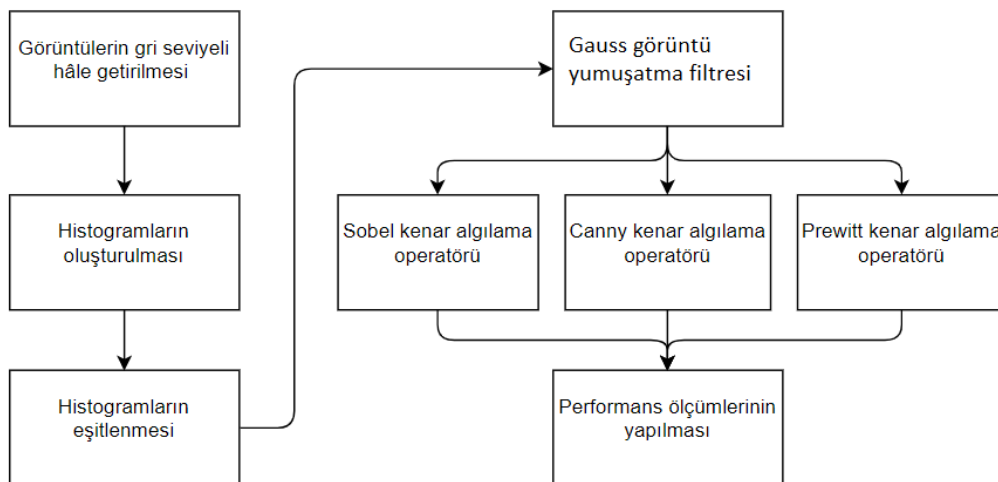
Kenar algılama operatörleri, bilgisayar alanındaki en önemli konulardan biri olup, dijital görüntülerdeki keskin parlaklık geçişlerini tespit ederek görüntü içerisindeki nesnelere kenarları hakkında çıktı oluşturan algoritmalarlardır. Yoğunluktaki değişimler, bir görüntüde kenarın varlığının nedenleridir. Çeşitli kenar algılama algoritmaları bulunmakta ve günlük hayatta yaygın olarak kullanılmaktadır. Kenar algılama algoritmaları temelde türeve dayalı yöntemler ve laplas tabanlı yöntemler olarak iki gruba ayrılmaktadır. Türev tabanlı yöntemler birinci türev görüntüsündeki maksimum ve minimum değerlere göre kenarları tespit etmektedir. Laplas tabanlı yöntemler ise görüntünün ikinci türevindeki sıfır geçiş noktalarına göre kenar tespiti gerçekleştirmektedir.[1] Kenar tespiti görüntü işleme problemlerinde temel adım olması sebebiyle, birçok çalışmada kenar tespiti yöntemleri çalışılmış ve bu yöntemler birbirleri ile karşılaştırılmıştır. [2-3]

Kenar algılama konusu, işlem gücü yüksek bilgisayarların ucuzlaması ve yaygınlaşmasıyla büyük önem kazanan konulardan biridir. İşlem gücü yüksek bilgisayarların yaygınlaşmasıyla bilgisayarlı görü gibi karmaşık problemleri çözebilen cihazlar gündelik yaşama daha yoğun bir şekilde adapte olmuşlardır. Böylece kenarların bilgisayarlar tarafından yüksek başarıyla tespit edebilmesi ticari anlamda da değerli bir konu hâline gelmiştir.

Yaygın kullanılan kenar algılama algoritmaları: Prewitt [4], Sobel [5], Canny [6], Marr ve Hildreth [7] olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada Prewitt, Canny ve Sobel kenar algılama algoritmaları kullanılarak kenar algılama işlemi yapılmış, sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için kesinlik, duyarlılık ve f-skoru parametrelerinin kullanımı ile literatürde karşılaştırılmadı. Yapılan çalışmada, performansların nicel olarak belirlenmesi için yeni bir metot önerilmiştir. Bu operatörlerin seçilmesinde yaygın olarak kullanılmaları, türev ve laplas tabanlı çeşitliliği sağlamaları göz önünde bulundurulmuştur.

2. Motivasyon

Bu çalışmada, kenar algılama operatörlerinin başarısını etkileyen faktörler araştırılmıştır. Yapılan deneysel uygulamalar kenar algılama algoritmalarının kendi aralarındaki performans ölçme yöntemlerinin nicel olarak tanımlanması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte literatürde gerçek referans değeri baz alan değerlendirme çalışmaları oldukça azdır. Bu araştırma ile kenar algılama algoritmaları konusunda literatüre yeni bir bakış açısı kazandırılmıştır. Şekil 1 de yapılan çalışmanın iş akışı blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 1. İş akışı blok diyagramı

3. Materyal ve Metot

3.1. Veri Kümesi

Araştırmada kullanılacak görüntüler Barcelona Images for Perceptual Edge Detection (BIPED) veri setinden alınmıştır.[7] Kullanılan veri kümesinden seçilen örnek görüntüler Şekil 2-4'te verilmiştir. BIPED veri seti, kenar algılama algoritmalarının performanslarını değerlendirmek üzere alanında uzman kişiler tarafından hazırlanmıştır. Veri setinde 1280x720 piksellik 250 adet dış mekân görseli ve bu görsellere ait gerçek referans değer kenar haritaları bulunmaktadır.



Şekil 2. BIPED veri seti, V2 RGB_255



Şekil 3. BIPED veri seti, V2 RGB_226



Şekil 4. BIPED veri seti, V2 RGB_228

3.2. Görüntü İyileştirme

Dijital görüntü geliştirme teknikleri, dijital görüntünün kalitesinin iyileştirilmesini ve yanlış algılama olasılığının mümkün olduğunca düşük olmasını amaçlamaktadır. Bu şekilde dijital görüntü üzerinden elde edilecek sonuçların başarısının artırılması sağlanır. Kullanılan iyileştirme teknikleri ile belirli bir uygulama için orijinal görüntüden daha iyi ve daha uygun sonuçlar edilebilmekte ve görüntü üretilmektedir. Görüntüyü iyileştirme amacıyla ilk olarak BIPED veri setinden seçtiğimiz görüntüleri MATLAB ortamına aktarıldı.

Görüntüleri iyileştirme amacıyla yapılan işlemler Şekil 1'de gösterilmiştir. Veri setinden seçilen görseller MATLAB ortamına aktarıldıktan sonra görüntüler önce gri seviyeli hâle getirildi. Gri seviyeli hâle getirilen görüntülerde görüntü iyileştirme amacı ile histogram eşitleme uygulandı. Histogram eşitleme işlemi görüntüdeki yeğlilik değerlerinin belirli aralıklarda sıkışmasının önüne geçerek, görüntü piksellerinin geniş bir gri seviye aralığında ifade edilmesini sağlamaktadır. Bu şekilde daha yüksek kontrastlı görüntüler elde edildi.

Gri seviyeli hâle getirilen ve histogramları eşitlenmiş görüntülere çim ve dış aydınlatma gibi çeşitli dokulardan kaynaklanan gürültüyü gidermek amacıyla Gauss görüntü yumuşatma filtresi uygulandı. Gauss yumuşatma filtresi, 2 boyutlu bir operatör olup Gauss fonksiyonu ile

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

ifade edilir. Burada x ve y kartezyen düzlem koordinatları, σ ise yumuşatma ölçeği olup standart sapmayı gösterir. Bu değer büyük olursa görüntü bulanıklaşır ve gürültüye duyarlılık azalır. Görüntünün yumuşatılması en basit hâliyle görüntünün bulanıklaştırılması olarak düşünülebilir. Bu yöntem ile görüntülerde keskin kenarlar yumuşatılarak detaylar azaltıldı, görüntü üzerindeki gürültü kaldırıldı ve kalitesi iyileştirildi. Gauss görüntü yumuşatma filtresi seçilen kenar algılama

operatörlerinin başarısını arttırmak için kullanıldı. Böylece kenar algılama operatörlerinin tespit edebileceği yanlış pozitif özellik gösteren kenarları elimine edildi.



Şekil 5. Görüntü iyileştirme işlemleri uygulanan RGB_255 kodlu resim



Şekil 6. Görüntü iyileştirme işlemleri uygulanan RGB_226 kodlu resim



Şekil 7. Görüntü iyileştirme işlemleri uygulanan RGB_228 kodlu resim

3.3. Sobel Kenar Algılama Operatörü

Gradyan temelli bir kenar algılama operatörü olup, en sık kullanılan algılama yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde fonksiyonun birinci türevindeki bölgesel minimum ve maksimum geçiş noktaları belirlenerek kenarlara karar verilmektedir. Yatay, dikey ve çapraz açılı kenarları bulmak için görüntünün 2 boyutlu (2D) eksenlerinde birinci türevi ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Şekil. 8’de verilen konvolüsyon matrisleri dikey, yatay ve çapraz açılı kenarları tespit etmek için kullanılır.

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

G_x

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

G_y

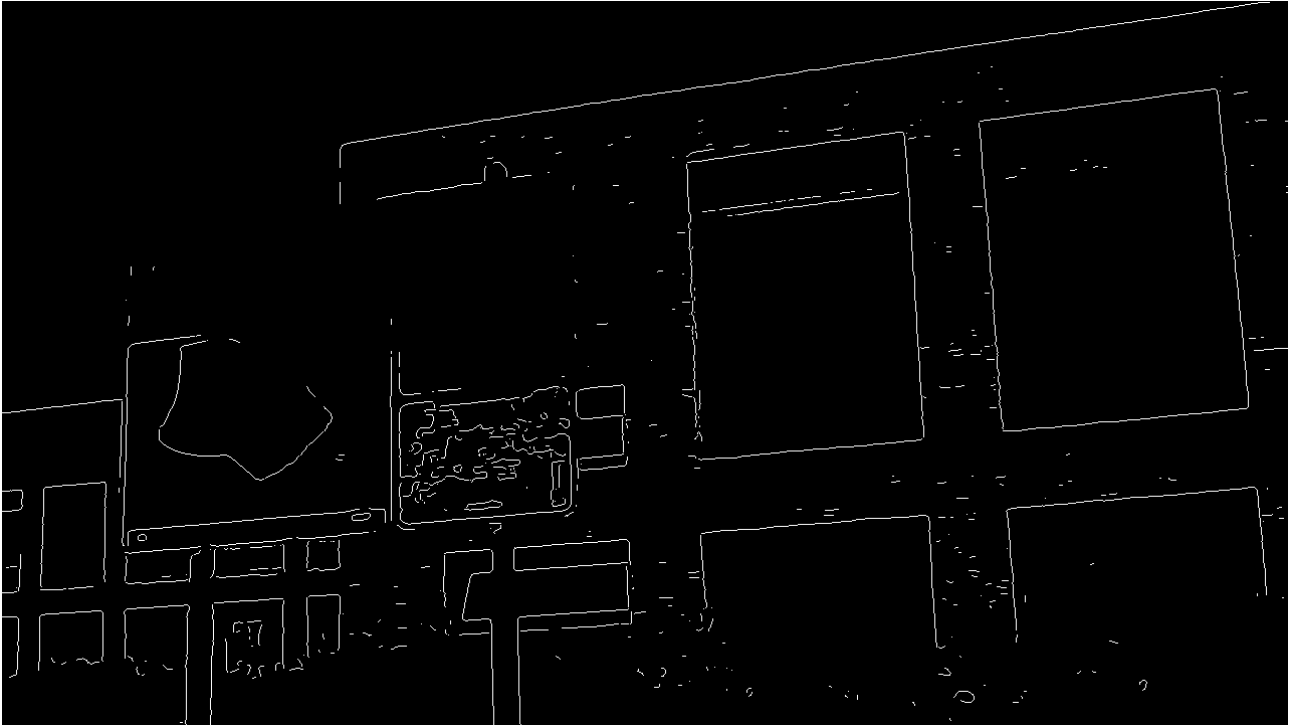
Şekil 8. Sobel kenar algılama operatörü konvolüsyon matrisi



Şekil 9. Önışlem sonrası Sobel operatörü uygulanan RGB_255 kodlu resim



Şekil 10. Önışlem sonrası Sobel operatörü uygulanan RGB_226 kodlu resim



Şekil 11. Önişlem sonrası Sobel operatörü uygulanan RGB_226 kodlu resim

3.4. Prewitt Kenar Algılama Operatörü

Gradyan temelli bir kenar algılama operatörü olan bu yöntem, türevin Prewitt yaklaşımını kullanarak kenarları bulur ve görüntü yoğunluğunun gradyanının maksimum olduğu noktalarda kenarları döndürür. Sobel kenar algılama operatörüne çok benzemekle beraber kullandıkları konvolüsyon matrislerinde fark vardır. Şekil 8 ve 12’de Sobel ve Prewitt kenar algılama operatörlerinin farkları görülebilir.

-1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

Gx

+1	+1	+1
0	0	0
-1	-1	-1

Gy

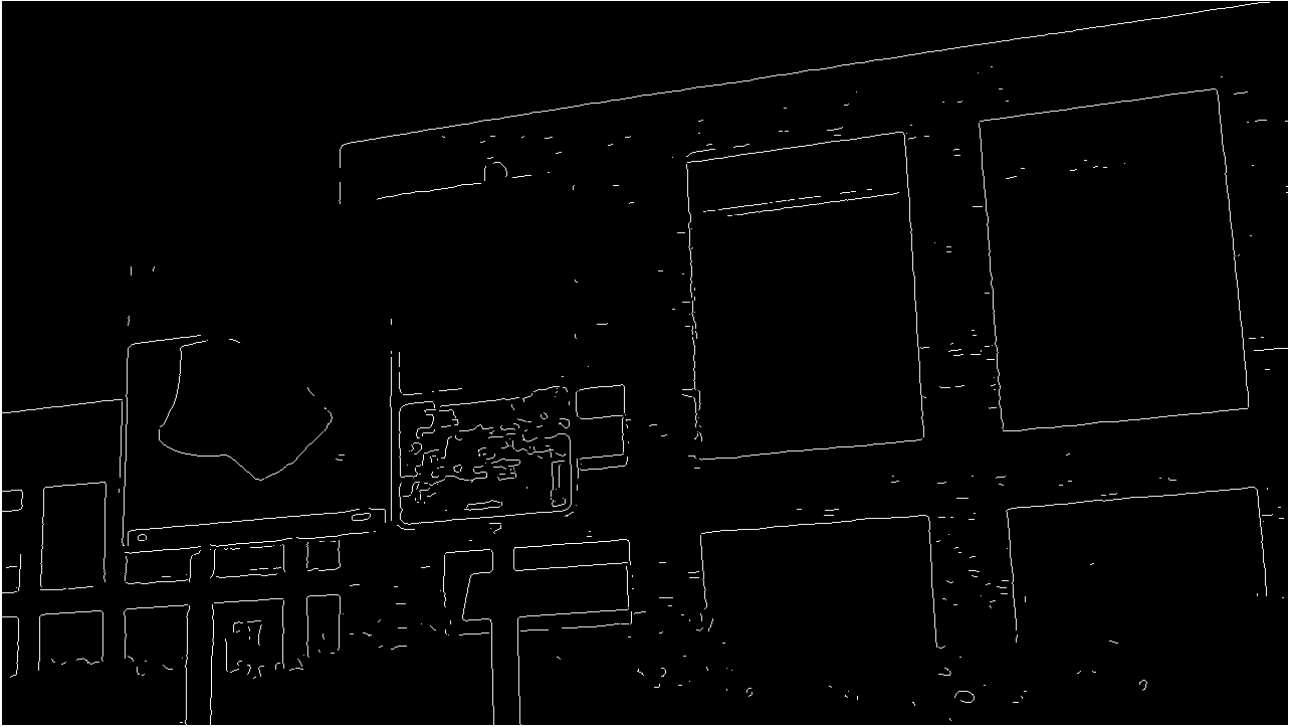
Şekil 12. Prewitt kenar algılama operatörü konvolüsyon matrisi



Şekil 13. Önışlem sonrası Prewitt operatörü uygulanan RGB_255 kodlu resim



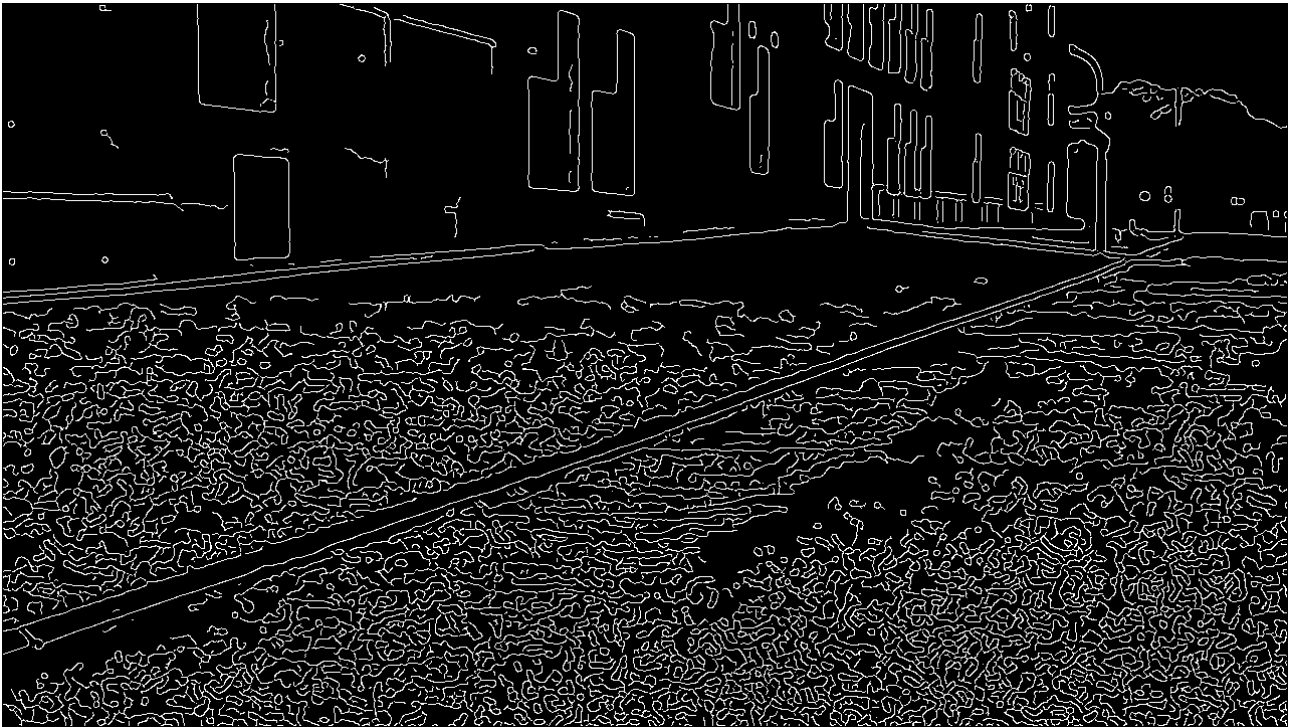
Şekil 14. Önışlem sonrası Prewitt operatörü uygulanan RGB_226 kodlu resim



Şekil 15. Önişlem sonrası Prewitt operatörü uygulanan RGB_228 kodlu resim

3.5. Canny Kenar Algılama Operatörü

Laplasyen temelli bir kenar algılama operatörüdür ve görüntü gradyanının yerel maksimumlarını bularak kenarlara karar verir. Bu işlemi birinci türevin en büyük veya en küçük olduğu noktada fonksiyonun ikinci türevini sıfıra eşitleyerek uygular. Bu durumda fonksiyonun ikinci türevi alınıp sıfır geçiş noktalarının aranmasıyla kenarlar hakkında karar verir.



Şekil 16. Önişlem sonrası Canny operatörü uygulanan RGB_255 kodlu resim



Şekil 17. Önışlem sonrası Canny operatörü uygulanan RGB_226 kodlu resim



Şekil 18. Önışlem sonrası Canny operatörü uygulanan RGB_228 kodlu resim

3.6. Sonuçlar ve Tartışma

Performans karşılaştırılması yapmak için en basit yöntemlerden biri korelasyon katsayısının hesaplanması olacaktır. Korelasyon katsayısı, korelasyon analizinde iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin gücünü ölçen özel ölçüdür. Kenar algılama algoritmalarından aldığımız çıktıları ve gerçek referans değer görüntülerini bir matris haline getirip birbirleri arasındaki ilişkiyi korelasyon katsayısı ile inceleyebiliriz. MATLAB programında korelasyon katsayısını hesaplamak için yerleşik gelen fonksiyonlar vardır. Tablo 1’de operatörlerden elde edilen çıktılarda gerçek referans değerler arasındaki korelasyon katsayıları bulunmaktadır. Elde edilen değer 1’e yaklaştıkça iki değişken arasındaki korelasyon güçlenmektedir. Değer 0 ise iki değişken arasında korelasyondan bahsedilemez. Değer -1’e yaklaştıkça ise iki değişken arasında tersine güçlü bir ilişki olduğu söylenebilir. Aynı zamanda kenar algılama operatörleri her bir piksel için değerlendirme yapan bir

sınıflandırma algoritması gibi özellik de gösterir. Bu sebeple sınıflandırma algoritmalarının başarısını ölçmek için kullanılan kesinlik, duyarlılık ve f-puanı gibi ölçütler kenar algılama algoritmalarının başarısını ölçmek için de kullanılabilir. Veri kümemiz üzerinde elde ettiğimiz kesinlik, duyarlılık ve f-puanı değerleri Tablo 2-4'te verilmiştir.

Tablo 1. Operatörlerden alınan verilerle gerçek referans değerlerin korelasyon katsayıları.

	Sobel	Prewitt	Canny
RGB_255	0,1967	0,1974	0,0611
RGB_226	0,1965	0,1964	0,0781
RGB_228	0,1857	0,1855	0,1121

Tablo 2. Veri kümemiz üzerinde Sobel operatörünün başarı oranları. (Diğer 50 örneğin ortalaması alınarak eklenmiştir.)

	Kesinlik	Duyarlılık	F-puanı
RGB_255	0,22	0,19	0,20
RGB_226	0,23	0,18	0,20
RGB_228	0,27	0,14	0,19
Diğer 50 örnek	0,22	0,11	0,15

Tablo 3. Veri kümemiz üzerinde Prewitt operatörünün başarı oranları. (Diğer 50 örneğin ortalaması alınarak eklenmiştir.)

	Kesinlik	Duyarlılık	F-puanı
RGB_255	0,22	0,19	0,20
RGB_226	0,23	0,18	0,20
RGB_228	0,27	0,14	0,18
Diğer 50 örnek	0,22	0,11	0,15

Tablo 4. Veri kümemiz üzerinde Canny operatörünün başarı oranları. (Diğer 50 örneğin ortalaması alınarak eklenmiştir.)

	Kesinlik	Duyarlılık	F-puanı
RGB_255	0,04	0,23	0,06
RGB_226	0,05	0,23	0,08
RGB_228	0,08	0,26	0,13
Diğer 50 örnek	0,08	0,20	0,12

4. Tartışma

Bu çalışmada uzmanlar tarafından kenar haritaları çıkarılmış görüntülere standart bir dizi görüntü iyileştirme işleminin ardından Canny, Sobel ve Prewitt kenar algılama operatörleri uygulanmıştır. Bu süreç sonunda elde edilen görüntüler gerçek referans değer görüntülerle karşılaştırılmış ve çeşitli metriklerle performans ölçümü raporlanmıştır. Bu işlemler sonucunda elde edilen veriler düşünüldüğünde Canny, Sobel ve Prewitt kenar algılama operatörleri arasında mutlak başarılı bir operatör olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Korelasyon katsayılarının hepsinin pozitif yönde gelmiş olması tüm kenar algılama operatörlerinin işlerini doğru yaptığını kanıtlar niteliktedir. Veri kümemizdeki tüm görüntülerin üzerinde Sobel ve Prewitt algoritmaları birbirine benzer başarılı sonuçlar göstermiştir. Ancak Canny kenar algılama algoritması Sobel ve Prewitt operatörleri ile karşılaştırıldığında düşük sonuçlar vermiştir. Bunun sebebi görüntülerdeki dokuların gürültü gibi algılanmasından kaynaklandığını düşünülmektedir. Canny kenar algılama operatörü ile elde edilen sonuç görüntüsü ile referans görüntü arasında pikseller arasında kaymalar meydana geldiğini, bunun ikinci türev işleminden kaynaklandığını düşünülmektedir. Dolayısı ile performans ölçümünün belirli komşuluktaki piksellerin de hesaba katılması ile iyileştirilebileceğini öngörülmektedir. Genel olarak elde edilen sonuçlar gerçek referans değerlere karşı tam olarak başarılı olamamıştır. Özellikle çim yüzeylerde kenar algılama operatörleri tarafından tespit edilen kenarlar tamamıyla false positive özellik göstermektedirler. Üç kenar algılama operatörü de doğru kenarları algılamada sıkıntı çekmezken kenar olmayan yerlerde kenar olduğunu varsaydılar. Bunlar elde edilen korelasyon katsayılarının ve f-puanının düşük olmasına sebep olmaktadır. Yapılan bu çalışma kenar algılama operatörlerinin gürültüye karşı hassasiyetlerini olumlu yönde azaltmıştır ve kenar algılama operatörleri için performans ölçümünün nesnel tabana oturtulabileceğini göstermiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

- [1]. Datta, S. Comparative Study and Analysis of Various Edge Detection Algorithms in Digital Image Processing.
- [2]. Peli, T., Malah, D. A study of edge detection algorithms. Computergraphics and image processing, 20(1), 1-21, 1982.
- [3]. M. Sharifi, M. Fathy and M. T. Mahmoudi, "A classified and comparative study of edge detection algorithms," Proceedings. International Conference on Information Technology: Coding and Computing, 2002.
- [4]. Prewitt, J., "Object Enhancemet and Extraction", Picture Processing and Psychopictorics (B. Lipkin ve A. Rosenfeld), NY, Academic Pres, 1970.
- [5]. Sobel, I., "Camera Models and Perception", Ph.D. thesis, Stanford University, CA, 1970.
- [6]. Canny, J., "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8, 679-700, 1986.
- [7]. Hildreth, E. C., "Edge Detection" ,, A. I. Memo No. 858, Artificial Intelligence Laboratory, Massachusetts Institute of Tecnology, September,1985.
- [8]. Soria X, Riba E, Sappa A., "Dense Extreme Inception Network: Towards a Robust CNN Model for Edge Detection", The IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV '20), 2020.