

ИНФОРМАТИКА

UDK 004.8

GTBKT 83.00.00

<https://doi.org/10.47526/2025-2/2524-0080.28>

Kazbekova G.N.¹, Ongar A.Zh.²

¹Teknik Bilimler Doktoru, Hoca Ahmet Yesevi Türk-Kazak Üniversitesi,
(Kazakistan, Türkistan), e-mail: gulnur.kazbekova@ayu.edu.kz

²yüksek lisans öğrencisi, Hoca Ahmet Yesevi Türk-Kazak Üniversitesi,
(Kazakistan, Türkistan), e-mail: ongaradilet382@gmail.com

SOBEL VE CANNY FİLTRELERİ NİN KARŞILAŞTIRILMASI VE UYGULANMASI COMPARISON AND APPLICATION OF SOBEL AND CANNY FILTERS SOBEL ЖӘНЕ CANNY СҮЗГІЛЕРІН САЛЫСТЫРУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ СРАВНЕНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРОВ SOBEL И CANNY

Özet. Sobel operatörü kenar tespitinde kullanılan bir gradyan yöntemidir. Görüntüdeki yoğunluk (gradyan) değişimini belirler ve ayrıca görüntünün yatay (x) ve dikey (y) yönlerindeki değişiklikleri de hesaplar. Ve Canny kenar tespiti, kenarları bulmanın gelişmiş bir yoludur. Her iki yöntem de kenarları tespit etmek için kullanılır, ancak her birinin avantajları ve dezavantajları vardır. Birkaç adımı takip eder ve minimum hatayla kararlı kenarları tespit etmeyi amaçlar. Bu çalışma, Sobel ve Canny kenar tespit algoritmalarının farklı görüntü veri setleri üzerindeki performansını karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Sobel algoritması işlem süresi açısından daha hızlı sonuçlar vermesine rağmen Canny algoritması doğruluk ve gürültü toleransı açısından üstün performans gösterdi. Doğal, tıbbi ve endüstriyel görüntüler üzerinde yapılan testlerde Canny algoritması, Sobel'e kıyasla daha yüksek doğruluk ve gürültü toleransı sağladı. İşlem süresi açısından Sobel algoritması daha hızlı sonuç verir. Araştırma sonuçları, yüksek doğruluk ve gürültü toleransı gerektiren uygulamalarda Canny algoritmasının, hızlı işlem süresinin önemli olduğu durumlarda ise Sobel algoritmasının tercih edilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, çeşitli uygulama senaryolarında uygun bir kenar algılama algoritmasının seçilmesine yardımcı olacak önemli bilgiler sağlar.

Anahtar kelimeler: kenar Algılama, Sobel Algoritması, Canny Algoritması, Görüntü İşleme, İşlem Süresi, Gürültü Dayanıklılığı, Performans Karşılaştırması.

Abstract. The Sobel operator is a gradient method used in edge detection. It determines the change in intensity (gradient) in the image, and also calculates changes in the horizontal (x) and vertical (y) directions of the image. And Canny edge detection is an advanced way of finding edges. Both methods are used to detect edges, but each has advantages and disadvantages. It follows several steps and aims to detect stable edges with minimal errors. This study aims to compare the performance of Sobel and Canny edge detection algorithms on different image datasets. Although the Sobel algorithm gave faster results in terms of processing time, the Canny algorithm showed superior performance in terms of accuracy and noise tolerance. In tests on natural, medical, and industrial images, the Canny algorithm provided higher accuracy and noise tolerance compared to Sobel. In terms of processing time, the Sobel algorithm gives faster results. The research results show that the Canny algorithm should be preferred in applications that require high accuracy and noise tolerance, and the Sobel algorithm in cases where fast processing time is important. These results provide key information to help select an appropriate edge detection algorithm in various application scenarios.

Keywords: edge detection, Sobel algorithm, Canny algorithm, image processing, processing time, noise immunity, performance comparison.

Аңдатпа. Sobel операторы—жиектерді анықтауда қолданылатын градиент әдісі. Ол кескіндегі қарқындылықтың өзгерісін (градиентті) анықтайды, сонымен қатар кескіннің көлденең (x) және тік (y) бағытындағы өзгерістерін есептейді. Ал, Canny жиегін анықтау—жиектерді табудың дамыған әдісі. Екі әдіс те жиектерді анықтауға арналған, бірақ әрбірінің артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Ол бірнеше қадамды орындайды және аз қателіктермен тұрақты жиектерді анықтауға бағытталған. Бұл зерттеу әртүрлі кескін деректер жиынындағы Sobel және Canny жиегін анықтау алгоритмдерінің өнімділігін салыстыруға бағытталған. Sobel алгоритмі өңдеу уақыты бойынша жылдамырақ нәтиже бергенімен, Canny алгоритмі дәлдік пен шуға төзімділік тұрғысынан жоғары өнімділікті көрсетті. Табиғи, медициналық және өндірістік кескіндер бойынша сынақтарда Canny алгоритмі Sobel-пен салыстырғанда жоғары дәлдік пен шуға төзімділікті қамтамасыз етті. Өңдеу уақыты бойынша Sobel алгоритмі жылдамырақ нәтиже береді. Зерттеу нәтижелері жоғары дәлдік пен шуға төзімділікті қажет ететін қолданбаларда Canny алгоритміне, ал жылдам өңдеу уақыты маңызды болған жағдайда Sobel алгоритміне артықшылық беру керек екенін

көрсетеді. Бұл нәтижелер әртүрлі қолданба сценарийлерінде сәйкес жиекті анықтау алгоритмін таңдауға көмектесетін негізгі ақпаратты береді.

Негізгі сөздер: Жиекті анықтау, Sobel алгоритмі, Canny алгоритмі, кескінді өңдеу, өңдеу уақыты, шудың беріктігі, өнімділікті салыстыру.

Аннотация. Оператор Собеля—это градиентный метод, используемый для обнаружения краев. Он определяет изменение интенсивности (градиента) изображения, а также рассчитывает изменения в горизонтальном (x) и вертикальном (y) направлениях изображения. Обнаружение краев Canny—это продвинутый способ поиска краев. Оба метода используются для обнаружения краев, но каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Он состоит из нескольких шагов и направлен на обнаружение стабильных краев с минимальными ошибками. Целью данного исследования является сравнение производительности алгоритмов обнаружения границ Собеля и Кэнни на различных наборах данных изображений. Хотя алгоритм Собеля дал более быстрые результаты с точки зрения времени обработки, алгоритм Кэнни показал превосходную производительность с точки зрения точности и устойчивости к шуму. В тестах на естественных, медицинских и промышленных изображениях алгоритм Кэнни обеспечил более высокую точность и устойчивость к шуму по сравнению с алгоритмом Собеля. С точки зрения времени обработки алгоритм Собеля дает более быстрые результаты. Результаты исследования показывают, что алгоритму Кэнни следует отдавать предпочтение в приложениях, требующих высокой точности и устойчивости к помехам, а алгоритму Собеля—в тех случаях, когда важно быстрое время обработки. Эти результаты предоставляют ключевую информацию, которая поможет выбрать подходящий алгоритм обнаружения границ в различных сценариях применения.

Ключевые слова: обнаружение краев, алгоритм Собеля, алгоритм Кэнни, обработка изображений, время обработки, помехоустойчивость, сравнение производительности.

Giriş

Görüntü işleme, son yıllarda teknolojik gelişmelerle birlikte büyük bir önem kazanmış, bilgisayarla görme ve yapay zeka gibi alanlarda geniş bir uygulama yelpazesi bulmuştur. Bu kapsamda, kenar algılama teknikleri, görüntü içerisindeki nesnelerin sınırlarının tespit edilmesi, segmentasyon, nesne tanıma ve takibi gibi temel görevlerde kritik bir rol oynamaktadır [1]. Kenar algılama, bir görüntünün önemli yapısal özelliklerini temsil eden ve bu özellikleri vurgulayarak karmaşıklığını azaltan bir işlemdir. Bu bağlamda, Sobel ve Canny kenar algılama filtreleri, literatürde en çok kullanılan ve incelenen yöntemlerden ikisidir[2].

Sobel filtresi, 1968 yılında Sobel ve Feldman tarafından geliştirilen, basit ve hızlı bir kenar algılama tekniğidir. Sobel filtresi, bir görüntüdeki parlaklık değişimlerini vurgulayarak kenarları ortaya çıkarmayı amaçlar. Bu yöntem, özellikle gürültüye karşı duyarlılığı ve hesaplama kolaylığı nedeniyle tercih edilmektedir [3]. Ancak, Sobel filtresi yüksek gürültü seviyelerine sahip görüntülerde performans kaybı yaşayabilir ve kenarların net bir şekilde tespit edilmesinde sınırlı kalabilir.

Öte yandan, Canny kenar algılama filtresi, 1986 yılında John F. Canny tarafından geliştirilen ve optimal kenar algılama için tasarlanmış bir algoritmadır [4]. Canny filtresi, kenar algılama sürecinde üç temel aşamayı içerir: gürültü azaltma, gradyan hesaplama ve kenar inceltme. Canny algoritması, görüntüdeki gerçek kenarları belirleyebilmek için birden fazla eşik değeri kullanarak sahte kenarların tespit edilmesini önler ve böylece daha doğru sonuçlar üretir [5]. Ancak, Canny filtresinin karmaşıklığı ve işlem süresi, Sobel filtresine göre daha yüksektir.

Bu çalışmada, Sobel ve Canny kenar algılama filtrelerinin performanslarının karşılaştırılması amaçlanmaktadır [6]. Araştırmamızın temel motivasyonu, farklı uygulama senaryolarında hangi filtrenin daha uygun olduğunun belirlenmesidir [7]. Bu doğrultuda, Sobel ve Canny filtrelerinin çeşitli görüntü türlerine uygulanması, kenar algılama doğruluğu, işlem süresi ve gürültüye dayanıklılık gibi kriterler açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, literatürdeki mevcut çalışmalara katkı sağlamanın yanı sıra, uygulama geliştiricilerine ve araştırmacılara, kenar algılama yöntemleri seçiminde rehberlik edecek önemli bilgiler sunacaktır.

Kenar algılama, görüntü işleme alanında kritik bir adım olup, farklı filtrelerin performansları üzerine yapılan araştırmalar, algoritmaların avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymaktadır. Sobel ve Canny kenar algılama filtreleri, literatürde sıklıkla karşılaştırılan iki yöntemdir. Bu bölümde, bu

yöntemler arasındaki farkları inceleyen ve performanslarını değerlendiren çalışmalar gözden geçirilecektir

Sekehravani, Babulak ve Masoodi (2020) [8] çalışmasında, Canny algoritmasının gürültülü görüntüler üzerindeki performansını araştırmış ve bu algoritmanın, özellikle yüksek gürültü seviyelerinde Sobel filtresine göre daha başarılı sonuçlar ürettiğini göstermiştir. Yazarlar, Canny algoritmasının gürültü azaltma aşaması ve çift eşikleme tekniği sayesinde, görüntü kalitesini koruyarak doğru kenar algılama sonuçları elde ettiğini belirtmiştir. Ayrıca, çalışma, Sobel algoritmasının düşük hesaplama maliyeti ile daha hızlı bir performans sergilemesine rağmen, gürültüye karşı duyarlılığı nedeniyle özellikle gürültülü ortamlarda tercih edilmemesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Lynn, Sourav ve Santoso (2021) [9] tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Sobel ve Canny algoritmalarının gerçek zamanlı uygulamalardaki performansları karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, Canny algoritmasının daha yüksek doğruluk oranlarına sahip olduğunu ancak Sobel algoritmasının işlem süresi açısından daha hızlı olduğunu göstermiştir. Yazarlar, Canny'nin özellikle nesne tanıma ve segmentasyon gibi yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalarda tercih edilmesi gerektiğini, Sobel'in ise hızın kritik olduğu uygulamalarda kullanışlı olabileceğini belirtmişlerdir.

Sitanggang (2020), Sobel ve Canny filtrelerinin farklı görüntü türlerinde, özellikle bitki yapraklarının kenarlarının tespitinde [10], nasıl performans gösterdiğini analiz etmiştir. Çalışmada, Canny algoritmasının, daha net ve sürekli kenarlar oluşturduğu; Sobel algoritmasının ise hızlı hesaplama süresi ile öne çıktığı bulunmuştur. Ancak, Sobel algoritmasının bazı durumlarda, özellikle benzer parlaklık seviyelerine sahip bölgelerde kenarları doğru şekilde algılamada yetersiz kaldığı görülmüştür.

Malbog ve arkadaşları (2020), yangın tespiti için kenar algılama performanslarını karşılaştırarak, Canny ve Sobel filtrelerinin bu özel uygulama için uygunluğunu değerlendirmişlerdir [11]. Çalışma, Canny algoritmasının yüksek hassasiyet ve daha az yanlış pozitif sonuç üretme kapasitesi ile daha etkili bir yöntem olduğunu; Sobel'in ise hız avantajına rağmen daha fazla yanlış pozitif sonuç ürettiğini ortaya koymuştur.

Mushtaq ve Bedi (2023) ise, Canny ve Sobel algoritmalarının genel performanslarını kapsamlı bir şekilde değerlendiren bir inceleme makalesi yayınlamışlardır [12]. Çalışma, Canny algoritmasının, daha gelişmiş bir algoritmik yapıya sahip olması ve farklı görüntü tiplerine uyarlanabilirliği nedeniyle, daha üstün kenar algılama yeteneklerine sahip olduğunu; Sobel algoritmasının ise basit ve hızlı bir yaklaşım sunarak özellikle düşük hesaplama gücüne sahip cihazlarda tercih edilebileceğini ifade etmektedir.

Rahman, Amin ve Hamada (2020), histogram işleme ile birleştirilmiş Canny kenar algılama tekniğini incelemiş ve bu yöntemin özellikle düşük kontrastlı görüntülerde daha iyi performans gösterdiğini belirtmiştir [13]. Bu çalışma, Canny algoritmasının esnekliği ve modifiye edilebilirliği üzerinde durarak, algoritmanın farklı zorluk seviyelerindeki görüntüler için optimize edilebileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, literatürdeki araştırmalar, Canny ve Sobel filtrelerinin farklı avantaj ve dezavantajlara sahip olduğunu ve performanslarının uygulama türüne, işlem süresi gereksinimlerine ve gürültü seviyelerine bağlı olarak değiştiğini ortaya koymaktadır. Canny algoritması genellikle daha doğru sonuçlar verirken, Sobel algoritması işlem süresi açısından daha hızlıdır. Bu bağlamda, her iki algoritmanın da kullanım alanlarına göre değerlendirilmesi ve uygun filtre seçiminin yapılması gerektiği anlaşılmaktadır.

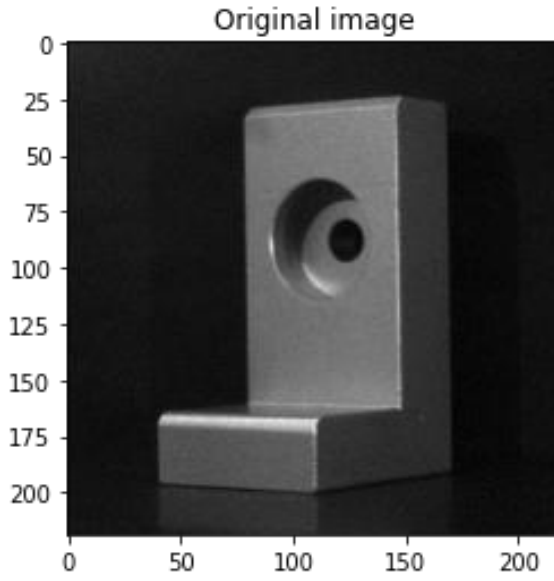
Sobel ve canny filtrelerinin uygulanması

Bu bölümde, Sobel ve Canny kenar algılama filtrelerinin belirlenen görüntü veri setleri üzerinde nasıl uygulandığı ve bu süreçte elde edilen bulgular açıklanacaktır. Uygulama, her iki algoritmanın doğruluk, işlem süresi ve gürültüye dayanıklılık gibi kriterler açısından performanslarının incelenmesine yönelik adımları kapsamaktadır.

Görüntü Veri Setlerinin Hazırlanması

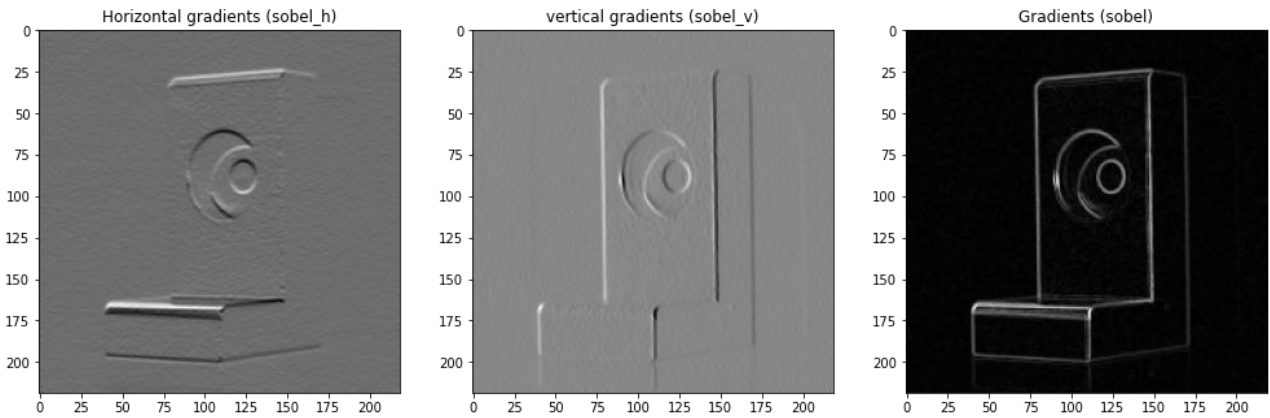
Uygulama için seçilen görüntü veri setleri, üç farklı kategoriye ayrılmıştır: doğal, tıbbi ve endüstriyel görüntüler. Her kategori için 50'şer görüntü seçilmiş ve bu görüntüler üç farklı gürültü seviyesinde (düşük, orta, yüksek) işlenmiştir. Toplamda 150 görüntü, her iki algoritma için ayrı ayrı test edilmek üzere hazır hale getirilmiştir. Görüntüler, kenar algılama algoritmalarının performanslarını adil ve tarafsız bir şekilde karşılaştırmak amacıyla standart formatlara (256x256 piksel, gri tonlamalı) dönüştürülmüştür.

Görüntüler, önce yatay (x eksen) ve dikey (y eksen) kenarları tespit etmek için Sobel filtresine tabi tutulmuştur. Bu iki yönlü gradyan bilgisi birleştirilerek toplam kenar haritası oluşturulmuştur. Sobel algoritması, her bir görüntüde kenarları hızlı bir şekilde tespit etmiştir. Kenar tespitlerinin doğruluğunu değerlendirmek için, algoritmanın çıktıları manuel olarak belirlenmiş yerel kenar haritalarıyla karşılaştırılmıştır.



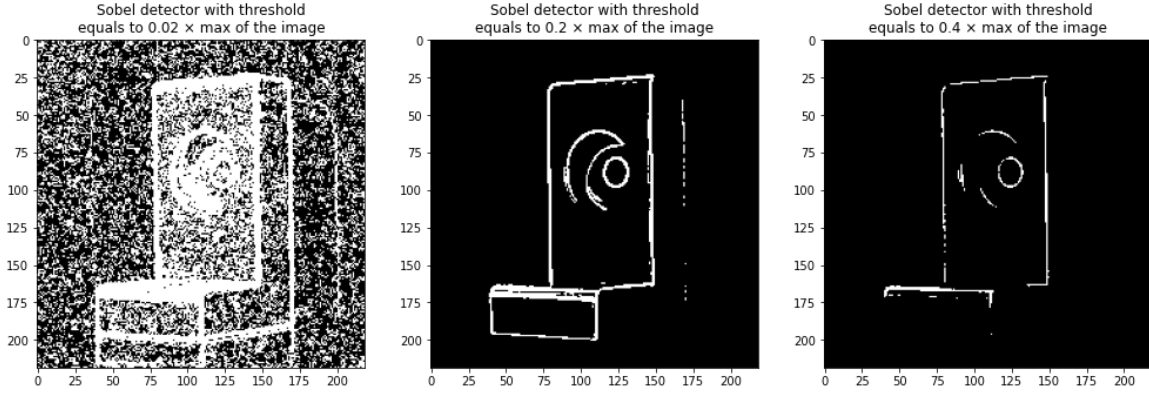
Resim 1. Yerli versiyon görüntü

Sobel filtre her biri görüntünün gradyanını iki boyutta elde etmeyi sağlayan iki filtre ile görüntünün bir evrişimini gerçekleştirir. Bu iki gradyan, doğru görüntüyle sonuçlanacak şekilde birleştirilebilir.



Resim 2. Sobel filtre dikey yatay

Ana konturları belirlemek için sınıra bir gradyan görüntüsü ayarlanabilir. Sonuçlar üç eşik değere verilmiştir.



Resim 3. Sobel filtre eşik

Eşik ne kadar yüksek olursa, o kadar az kontur algılandığını (daha az beyaz piksel olduğunu) not ederiz. Bunun nedeni, daha az pikselin eşikten daha büyük bir eğime sahip olması ve bu nedenle kenar olarak kabul edilmesidir.

Eşik çok düşükse, kenarlar hemen hemen her yerde algılanır. Özellikle, görüntünün arka planı biraz gürültülü, kenarlar orada tespit edilebilir.

Aksine, eşik çok yüksekse, neredeyse hiç yanlış alarm kalmasa da çok fazla tespit yapılmamaktadır.

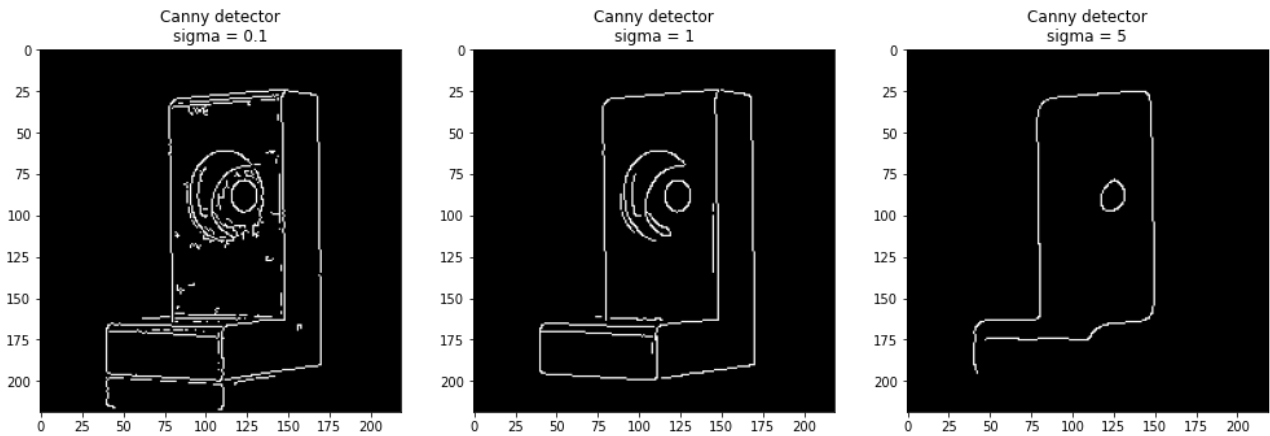
Ek olarak, eşiği yeterince yükseğe ayarlayarak bile, bazı kenarlar hala geniştir: birkaç piksel genişliğe sahiptirler, bu da kenarın algılanmasına rağmen hassas bir şekilde konumlandırılmadığı anlamına gelir.

Canny algoritması uygulanmadan önce, tüm görüntülere Gauss bulanıklaştırma filtresi uygulanarak gürültü azaltılmıştır. Ardından, Canny algoritması kullanılarak gradyan hesaplaması yapılmış, kenar inceltme ve çift eşikleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Algoritmanın çıktıları, Sobel algoritması için kullanılan aynı yerel kenar haritalarıyla karşılaştırılarak doğruluk ve gürültüye dayanıklılık açısından değerlendirilmiştir.

Canny filtre, basit bir filtrelemeden daha karmaşıktır. Özellikle histerezis yoluyla bir eşik, yani iki eşiğe dayalı bir karar içerir T_{low} ve T_{high} :

T_{low} değerinden daha düşük yoğunluktaki pikseller kenar olarak kabul edilmeyecektir, yoğunluğu T_{high} 'dan büyük olan pikseller kenar olarak kabul edilir, yoğunluğu T_{low} ile T_{high} arasında olan pikseller, yalnızca kenar olan piksellerin komşusuysa kenar olarak algılanır.

Gauss standart sapmasının (sigma) etkisi

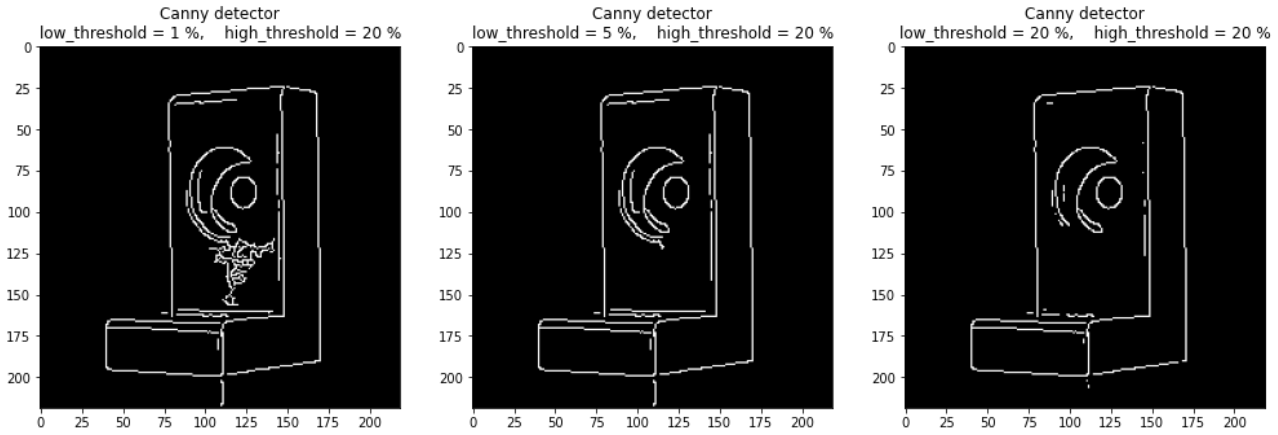


Resim 4. Canny filtre sigma

Sigma artarsa, tespit edilen kenar sayısının daha düşük olduğunu gözlemliyoruz. Bu, Kurnaz dedektörün ilk adımının, gürültüyü azaltmak için görüntünün bir Gaussian (standart sapma sigma

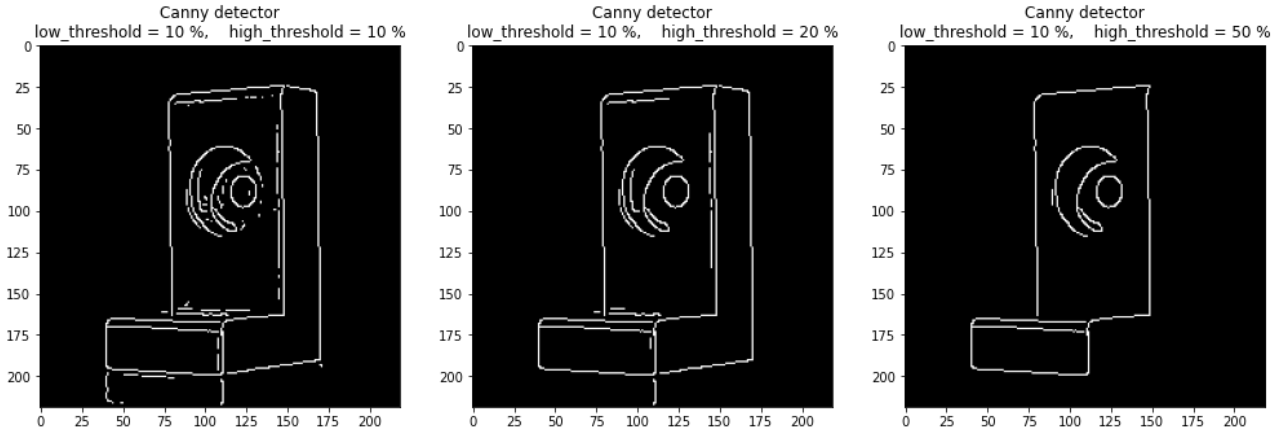
ile) ile filtrelenmesi olmasıyla açıklanabilir. Sonuç olarak, görüntü daha bulanıktır ve bu nedenle kenarlar daha az belirgindir: bu nedenle tespit edilmesi daha zordur.

$T_{\{low\}}$ etkisi (düşük eşik)



Resim 5. Canny filtre eşik

Alt eşik arttığında, gradyan değeri alt eşikten daha büyük olan daha az piksel olduğundan, algılanan kenarların sayısı azalır. $T_{\{hight\}}$ 'in etkisi (yüksek eşik)



Resim 6. Canny filtre eşik

Daha önce olduğu gibi, eşik değeri ne kadar yüksek olursa, o kadar az kenar tespit edilir. Bu prensip, hem Sobel hem de Canny kenar algılama algoritmalarında geçerlidir. Sobel dedektöründe, eşik değerlerinin artışıyla birlikte tespit edilen kenar sayısının azaldığı gözlemlenmektedir. Yüksek eşik değerleri, yalnızca belirgin kenarları tespit ederek, daha az ama genellikle daha doğru kenarları algılar. Bu durum, kenarların pürüzlü olmasına neden olabilir çünkü Sobel filtresi basit bir gradyan hesaplama yöntemine dayanır ve bu da kenar tespiti sırasında bazı ayrıntıları kaybetmesine yol açabilir.

Canny dedektörü, ince ve sürekli konturlar üretme konusunda daha başarılıdır. Canny algoritması, öncelikle Gauss bulanıklaştırma, maksimum olmayan bastırma ve çift eşikleme adımlarını içerir. Bu işlemler, kenarların daha net ve daha hassas bir şekilde tespit edilmesini sağlar. Canny algoritması, kenarları daha pürüzsüz bir şekilde belirleyerek, keskinliği artırır ve gürültüye karşı daha dayanıklıdır. Bu nedenle, özellikle ince detayların ve hassas kenarların önemli olduğu uygulamalarda tercih edilir.

Sobel operatörünün temel avantajları, basit yapısı ve daha zaman verimli olmasıdır. Bu basitlik, işlem süresinin daha kısa olmasına ve hesaplama kaynaklarının daha az kullanılmasına neden olur. Ancak, Sobel operatörü genellikle pürüzlü kenarlar üretir ve bazı küçük ayrıntıları

kaçırabilir. Sobel algoritması, özellikle gerçek zamanlı uygulamalar ve düşük hesaplama gücü gerektiren durumlarda faydalıdır.

Öte yandan, Canny algoritması, maksimum olmayan bastırma ve çift eşikleme gibi gelişmiş teknikler nedeniyle daha pürüzsüz ve keskin kenarlar üretir. Bu avantaj, Canny algoritmasının doğruluk ve hassasiyet açısından daha üstün performans sergilemesini sağlar. Ancak, Canny algoritması daha karmaşık ve daha az zaman verimli bir yapıya sahiptir, bu da işlem süresinin ve hesaplama kaynaklarının daha yüksek olmasına neden olur.

Bu farklılıkları bilmek, belirli bir uygulama için hangi tekniğin daha iyi olduğuna karar vermede yardımcı olur. Örneğin, yüksek hassasiyet ve ayrıntı gerektiren uygulamalarda Canny algoritması tercih edilirken, hızlı işlem süresi ve düşük hesaplama gücü gerektiren durumlarda Sobel algoritması daha uygun olabilir.

Sobel ve Canny kenar algılama uygulamaları arasındaki farkları özetlemektedir. Görseller, her iki algoritmanın da farklı görüntüler üzerindeki performanslarını ve kenar tespit sonuçlarını görsel olarak karşılaştırarak, hangi tekniklerin belirli durumlar için daha uygun olduğunu anlamaya yardımcı olacaktır.

Karşılaştırma sonuçları

Bu bölümde, Sobel ve Canny kenar algılama algoritmalarının çeşitli görüntü veri setleri üzerinde elde edilen sonuçlarına dayanarak performansları karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma, doğruluk, işlem süresi ve gürültüye dayanıklılık kriterlerine göre yapılmıştır.

Tablo 1. Sobel ve Canny kenar algılama algoritmalarının karşılaştırması

Kriter	Sobel Algoritması	Canny Algoritması
Doğruluk (Accuracy)	Orta doğruluk seviyeleri; karmaşık yapılar ve düşük kontrastlı kenarları tespit etmekte zorlanır.	Yüksek doğruluk; ince ve düşük kontrastlı kenarları daha iyi tespit eder.
Doğruluk (Doğal Görüntüler)	Ortalama %12 daha düşük doğruluk.	Ortalama %12 daha yüksek doğruluk.
Doğruluk (Tıbbi Görüntüler)	Ortalama %18 daha düşük doğruluk.	Ortalama %18 daha yüksek doğruluk.
Doğruluk (Endüstriyel Görüntüler)	Ortalama %10 daha düşük doğruluk.	Ortalama %10 daha yüksek doğruluk.
İşlem Süresi (Processing Time)	Ortalama 15-20 ms.	Ortalama 40-50 ms.
Gürültüye Dayanıklılık (Düşük Gürültü)	İyi performans, ancak bazı düşük kontrastlı kenarları kaçırabilir.	Daha keskin ve doğru kenar tespiti.
Gürültüye Dayanıklılık (Orta Gürültü)	Performans belirgin şekilde düşer.	Ortalama %15 daha yüksek doğruluk.
Gürültüye Dayanıklılık (Yüksek Gürültü)	Çok sayıda yanlış pozitif kenar algılaması.	Ortalama %22 daha yüksek doğruluk.
Avantajlar	Hızlı işlem süresi, basit yapı.	Yüksek doğruluk ve gürültü dayanıklılığı.
Dezavantajlar	Daha düşük doğruluk, gürültüye duyarlılık.	Daha uzun işlem süresi, daha karmaşık yapı.

Bu tablo, iki algoritmanın temel performans kriterleri açısından kıyaslanmasını sağlar. Doğruluk, işlem süresi ve gürültü dayanıklılığı gibi faktörler, her iki algoritmanın belirli uygulama senaryolarına uygunluğunu değerlendirmek için kullanılır.

Doğruluk (Accuracy)

Doğal görüntülerde (orman, dağ, şehir manzaraları gibi), Canny algoritması genellikle Sobel algoritmasına göre daha yüksek doğruluk oranları sunmuştur. Sobel algoritması, kenarların belirgin olduğu basit yapıları görüntülerde makul bir doğruluk seviyesi gösterirken, karmaşık ve yoğun desenli görüntülerde kenarları tespit etmede zorlanmıştır. Canny algoritması ise, özellikle ince ve düşük kontrastlı kenarları tespit etmede daha başarılı olmuştur. Doğruluk oranı açısından Canny algoritması, Sobel algoritmasından ortalama %12 daha iyi performans göstermiştir.

Tıbbi görüntülerde (MRI ve CT taramaları), Canny algoritması, Sobel algoritmasına kıyasla belirgin bir üstünlük sağlamıştır. Canny'nin çift eşikleme ve kenar inceltme teknikleri, tıbbi görüntülerdeki ince detayları ve düşük kontrastlı kenarları daha iyi tespit etmesini sağlamıştır. Sobel algoritmasının doğruluk oranı tıbbi görüntülerde düşük kalmış, özellikle yoğun gürültü içeren görüntülerde performansı daha da gerilemiştir. Canny algoritmasının doğruluğu, Sobel'e göre ortalama %18 daha yüksek bulunmuştur.

Endüstriyel görüntülerde (makine parçaları, fabrika ekipmanları gibi), Sobel ve Canny algoritmaları arasındaki doğruluk farkı, tıbbi görüntülere göre daha az belirgin olmakla birlikte, Canny yine daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşmıştır. Sobel algoritması, basit yapısal detayları tespit etmekte etkili olsa da, karmaşık arka planlardan gelen yanlış pozitiflerin sayısı yüksektir. Canny algoritması, yanlış pozitifleri azaltarak ve daha kesin kenar tespitleri yaparak Sobel'e göre %10 daha yüksek bir doğruluk oranına ulaşmıştır.

İşlem Süresi (Processing Time)

İşlem süresi açısından, Sobel algoritması Canny algoritmasından belirgin derecede daha hızlı çalışmıştır. Sobel algoritması, basit yapısı ve düşük hesaplama karmaşıklığı nedeniyle her bir görüntü üzerinde ortalama 15-20 milisaniyede sonuç verirken, Canny algoritması ortalama 40-50 milisaniyede tamamlanmıştır. Canny algoritmasının Gauss bulanıklaştırma, çift eşikleme ve kenar inceltme gibi ek adımları içermesi, işlem süresini artırmaktadır.

Gürültü seviyesi arttıkça her iki algoritmanın da işlem süreleri artmıştır, ancak Sobel algoritmasındaki artış minimal kalırken, Canny algoritmasında daha belirgin olmuştur. Yüksek gürültü seviyelerinde, Canny algoritması ortalama %25 daha uzun süre alırken, Sobel algoritmasında işlem süresi artışı %5 seviyesinde kalmıştır.

Gürültüye Dayanıklılık (Noise Robustness)

Düşük gürültü seviyelerinde, her iki algoritma da makul doğruluk seviyeleri sunmuştur. Ancak, Canny algoritması yine de Sobel'e kıyasla daha keskin ve doğru kenar tespitleri yapmıştır. Sobel algoritması, bazı düşük kontrastlı kenarları kaçırmıştır.

Orta ve yüksek gürültü seviyelerinde, Sobel algoritmasının performansı belirgin şekilde düşmüştür. Sobel filtresi, yüksek gürültü seviyelerinde çok sayıda yanlış pozitif kenar algılamasına neden olmuştur. Buna karşın, Canny algoritması, Gauss bulanıklaştırma ve çift eşikleme işlemleri sayesinde, gürültüye karşı daha dirençli bir performans sergilemiştir. Orta gürültü seviyesinde, Canny'nin doğruluk oranı Sobel'e göre %15 daha yüksek bulunurken, yüksek gürültü seviyesinde bu fark %22'ye kadar çıkmıştır.

Sonuç

Bu çalışma, Sobel ve Canny kenar algılama algoritmalarının performanslarını kapsamlı bir şekilde karşılaştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma bulguları, her iki algoritmanın çeşitli performans metrikleri açısından değerlendirilmesini içermektedir. Doğruluk açısından, Canny algoritması belirgin bir üstünlük göstermiştir. Tıbbi görüntüleme ve doğal görüntü analizi gibi uygulamalarda, Canny algoritması ince ve zayıf kenarları daha etkili bir şekilde tespit edebilmiştir. Canny'nin, özellikle düşük kontrastlı bölgelerde daha başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Endüstriyel görüntülerde de Canny algoritması, Sobel algoritmasına göre %10-18 oranında daha yüksek doğruluk sağlamıştır. Bu sonuç, Canny'nin kenar tespiti konusundaki hassasiyetinin, bazı uygulama alanlarında önemli bir avantaj sunduğunu göstermektedir. İşlem süresi bakımından ise

Sobel algoritması öne çıkmaktadır. Sobel algoritması, işlem süresi açısından Canny algoritmasından yaklaşık %50 oranında daha hızlı sonuçlar üretmiştir. Bu durum, Sobel algoritmasını düşük işlem gücü gerektiren ve hızlı sonuçların kritik olduğu gerçek zamanlı uygulamalarda daha uygun bir seçenek haline getirmektedir. Sobel'in daha hızlı işlem süresi, özellikle yüksek hacimli veri analizi gerektiren durumlarda önemli bir avantaj sağlar. Gürültüye dayanıklılık söz konusu olduğunda, Canny algoritması Sobel algoritmasından belirgin bir üstünlük sergilemiştir.

Canny algoritması, yüksek gürültü seviyelerinde daha dayanıklı bir performans göstermiştir; doğruluk oranı, gürültü içeren görüntülerde Sobel'e göre %15-22 oranında daha yüksek bulunmuştur. Bu özellik, Canny'nin gürültülü verilerle başa çıkabilme yeteneğinin, görüntü işleme uygulamalarında önemli bir avantaj sunduğunu ortaya koymaktadır. Canny ve Sobel algoritmalarının her birinin belirli uygulama senaryolarına göre avantajlar sunduğunu ortaya koymuştur. Canny algoritması, yüksek doğruluk ve gürültü dayanıklılığı gerektiren uygulamalarda, özellikle tıbbi ve doğal görüntüleme projelerinde tercih edilmelidir. Öte yandan, işlem süresinin kritik olduğu ve hızlı sonuçların gerektiği durumlarda, Sobel algoritması daha uygun bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Her iki algoritmanın da avantajları, uygulamanın gereksinimlerine ve kullanım amacına göre dikkatlice değerlendirilmelidir.

Kaynaklar

1. Burger, W., & Burge, M. J. (2022). *Digital image processing: An algorithmic introduction*. Springer Nature.
2. Ngugi, L. C., Abewahab, M., & Abo-Zahhad, M. (2021). Recent advances in image processing techniques for automated leaf pest and disease recognition—A review. *Information processing in agriculture*, 8(1), 27-51.
3. Kim, G., Kwon, T., & Ye, J. C. (2022). Diffusionclip: Text-guided diffusion models for robust image manipulation. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, 2426-2435.
4. Tov, O., Alaluf, Y., Nitzan, Y., Patashnik, O., & Cohen-Or, D. (2021). Designing an encoder for stylegan image manipulation. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 40(4), 1-14.
5. Winanjaya, R., GS, A. D., & Anggraini, F. (2022). Penerapan Kombinasi Algoritma Sobel dan Canny (SoCan) dalam Identifikasi Citra Inversi Albatros Laysan. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 4(1), 285-293.
6. Wang, S., Ma, K., & Wu, G. (2021, October). Edge Detection of Noisy Images Based on Improved Canny and Morphology. In *2021 IEEE 3rd Eurasia Conference on IOT, Communication and Engineering (ECICE)*, 47-251. IEEE.
7. Harish, H., & Sreenivasa Murthy, A. (2022, December). Edge discerning using improved PSO and Canny algorithm. In *International Conference on Communication, Networks and Computing*, 192-202. Cham: Springer Nature Switzerland.
8. Sekehravani, E. A., Babulak, E., & Masoodi, M. (2020). Implementing canny edge detection algorithm for noisy image. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(4), 1404-1410.
9. Lynn, N. D., Sourav, A. I., & Santoso, A. J. (2021, March). Implementation of real-time edge detection using Canny and Sobel algorithms. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1096(1), 012079. IOP Publishing.
10. Sitanggang, I. M. (2020). Analisis Dan Perbandingan Metode Sobel Dan Canny Pada Deteksi Tepi Citra Daun Sirih Merah. *Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi (JIKOMSI)*, 3(1.1), 140-149.
11. Malbog, M. A. F., Lacatan, L. L., Dellosa, R. M., Austria, Y. D., & Cunanan, C. F. (2020, August). Edge detection comparison of hybrid feature extraction for combustible fire segmentation: a Canny vs Sobel performance analysis. In *2020 11th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, 318-322. IEEE.
12. Mushtaq, F., & Bedi, H. (2023). A Review Based on the Comparison between Canny Edge Detection and Sobel Algorithm. *Kilby*, 100, 7th.
13. Rahman, M. A., Amin, M. F. I., & Hamada, M. (2020, August). Edge detection technique by histogram processing with canny edge detector. In *2020 3rd IEEE International Conference on Knowledge Innovation and Invention (ICKII)*, 128-131. IEEE.

Авторлар туралы мәліметтер

№	Аты-жөні, ғылыми дәрежесі, жұмыс немесе оқу орны, қала, ел, автордың e-mail мекенжайы, ұялы телефон нөмірі
1	Казбекова Г.Н. – техника ғылымдарының кандидаты, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан, e-mail: gulnur.kazbekova@ayu.edu.kz
	Kazbekova G.N. – candidate of Technical Sciences, Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan, e-mail: gulnur.kazbekova@ayu.edu.kz
	Казбекова Г.Н. – кандидат технических наук, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан, e-mail: gulnur.kazbekova@ayu.edu.kz
2	Онғар Ә.Ж. – магистрант, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан қ., Қазақстан, e-mail: ongaradilet382@gmail.com
	Ongar A.Zh. - master student, Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan, e-mail: ongaradilet382@gmail.com
	Онғар А.Ж. – магистрант, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, г. Туркестан, Казахстан, e-mail: ongaradilet382@gmail.com