

Görüntü ve Sinyal İşleme İçin Adaptif Daire Yerleşimi Yoluyla Geometrik Maskeleme

Geometric Masking via Adaptive Circle Placement for Image and Signal Processing

Rıdvan Fırat Çınar

 0000-0002-0904-2165

Batman Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
Batman, Türkiye
ridvanfirat.cinar@batman.edu.tr

Özet

Bu çalışma, sinyal ve görüntü işleme uygulamaları için herhangi bir bölümlenmiş düzensiz geometrik alanı daire ayrıştırmasıyla temsil etmek üzere yenilikçi bir algoritma sunmaktadır. Önerilen algoritma, dinamik bir sınır içinde en büyük dairelerin yerleşimini optimize ederek hem maskeleme hem de filtreleme işlemleri için verimli bir yöntem sağlar. Kullanıcı tanımlı sınır bilgilerini kullanarak algoritma, düzensiz alanlar içinde maksimum boyutlu, çakışmayan veya ir tolerans dahilinde çakışan daireleri tanımlar ve alanın geometrik bir özetini oluşturur. Bu özet, görüntü tanıma, yerel filtreleme, segmentasyon ve özellik çıkarma gibi çeşitli görevlerde kullanılabilir. Sonuçlar, önerilen yöntemin yüksek performansını gösterirken, kapalı şekilli nesnelerin daha basit ve etkili veri kümeleri olarak temsil edilmesi için hızlı, dinamik ve parametrik olarak kontrol edilebilir bir yaklaşımı literatüre kazandırmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Daire Yerleştirme, Adaptif Filtreleme, Sinyal İşleme, Görüntü İşleme

Abstract

This study offers a novel algorithm for representing any segmented irregular geometric domain through circle decomposition, intended for applications in signal and image processing. The proposed algorithm optimizes the placement of the largest circles within a dynamic boundary, providing an efficient method for both masking and filtering operations. By utilizing user-defined boundary information, the algorithm identifies the maximum-sized, non-overlapping or overlapping by a tolerance value circles within irregular domains, creating a geometric summary of the area. This summary can be applied in various tasks such as image recognition, local filtering, segmentation, and feature extraction. The results demonstrate the high performance of the proposed method and introduce a fast, dynamic, and parametrically controllable approach to the

literature for representing closed-shaped objects as simpler and more effective datasets.

Keywords: Circle Packing, Adaptive Filtering, Signal Processing, Image Processing.

1. Giriş

Geometrik alanların verimli bir şekilde temsil edilmesi, sinyal [1, 2] ve görüntü işleme [3, 4] gibi disiplinlerde önemli bir araştırma konusudur. Düzensiz şekillerin analiz edilmesi ve işlenmesi, yerel filtreleme, segmentasyon ve görüntü tanıma [5-9] gibi birçok uygulamanın temelini oluşturur. Bu alanların dairesel bölgelere ayrılması, matematiksel sadelik ve hesaplama verimliliği açısından önemli avantajlar sunar. Daire yerleştirme algoritmaları, alanları çakışmayan dairelerle doldurarak geometrik analiz yapılmasını sağlayan yaygın olarak çalışılan yöntemlerdir [10-15].

Mevcut daire yerleştirme yaklaşımlarının çoğu, kareler veya sabit sınırlara sahip çokgenler gibi düzenli geometrik alanlara odaklanmaktadır. Voronoi bölütlemeleri, düzenli alanların bölünmesi ve temsil edilmesi için kullanılan temel yöntemler arasındadır. Bu yöntemler, geometrik verilerin anlamlı alt bölgelere ayrılmasında önemli bir rol oynar [16, 17]. Ayrıca, daire yerleştirme algoritmaları, mikro yapı analizi [18], malzeme bilimi [19, 20] ve biyomedikal modelleme [21] gibi alanlarda yerleştirme yoğunluğunu ve mekânsal düzenlemeyi incelemek için uygulanmıştır. Ancak, özellikle düzensiz şekiller için tasarlanmış yöntemler literatürde sınırlı kalmakta ve dinamik sınırlara sahip karmaşık alanların işlenmesi yeterince ele alınmamıştır [22-24].

Bu çalışma, herhangi bir bölümlenmiş düzensiz geometrik alanı çakışmayan ve kontrol edilebilir şekilde çakışan daireler kullanarak temsil etmek için yenilikçi bir algoritma sunmaktadır. Önerilen algoritma, kullanıcı tarafından tanımlanan dinamik bir kapalı sınır içinde en büyük dairelerin

yerleşimini optimize ederek düzensiz alanların geometrik olarak özetlenmesi için verimli bir çözüm sağlamaktadır. Elde edilen geometrik özet, görüntü ve sinyal işleme alanlarındaki çeşitli görevlerde uygulanabilir. Algoritma, yerel filtreleme, özellik çıkarma, segmentasyon ve yoğunluk analizi için uygun esnek bir yapıya sahiptir. Bu makale, önerilen algoritmanın matematiksel çerçevesini ve pratik uygulamalarını incelemektedir. Önerilen yaklaşım, karmaşık ve düzensiz alanlarda veri işleme ve analizine yenilikçi bir bakış açısı sağlamayı amaçlamaktadır.

2. Eniyilenmiş Daire Yerleştirme

2.1. Dinamik Sınır

Dinamik sınır, bir nokta kümesi veya sürekli bir fonksiyon ile tanımlanan kapalı ve esnek bir şekli ifade eder. Bu sınırlar genellikle, bir veri kümesindeki ilgi nesnelerini çevreleyen segmentasyon sonuçları veya diğer görüntü işleme tekniklerinden türetilir. Matematiksel olarak, dinamik bir sınır şu şekilde temsil edilebilir:

$$B = \{(x, y) \mid f(x, y) = 0\} \quad (1)$$

Burada $f(x, y)$ sınır fonksiyonunu tanımlar ve B kümesi şeklin kapalı konturunu temsil eder. Bu sınır içinde, sınır kısıtlamalarına uyararak, mümkün olan en büyük çakışmayan dairelerle veya tolerans dahilinde çakışan dairelerle bu kapalı şekli doldurma görevi vardır.

2.2. Daire Yerleştirme

Algoritmanın temel fikri, sınırın içinde mümkün olan en büyük daireleri yinelemeli olarak yerleştirmek, bu dairelerin çakışmamasını ve dinamik sınırın tamamen içinde kalmasını sağlamaktır. Bu, aday noktaların bir ızgarasını değerlendirerek ve her bir nokta için mümkün olan maksimum daire yarıçapını hesaplayarak gerçekleştirilir. Yerleştirme süreci, her yeni dairenin iki kısıtlamaya uyduğunu garanti eder: mevcut herhangi bir daireyle çakışmaması ve sınırın içinde kalması. Optimum daire belirlendikten sonra, yerleştirilmiş daireler listesine eklenir ve yeni geçerli daire yerleştirilemeyecek hale gelene kadar süreç tekrarlanır.

Algoritma, B 'nin kapalı sınırını tümünden kaplayan bir P noktalar ızgarası adayı tanımlayarak başlar. Bu aday noktalar kapalı sınır içinde eşit aralıklı olup, potansiyel daire merkezlerinin kapsamlı bir şekilde taranmasını sağlar. Kapalı eğri, sınırın minimum ve maksimum koordinatlarıyla tanımlanır:

$$[x_{min} \cdot x_{max}] \times [y_{min} \cdot y_{max}] \quad (2)$$

Sınırın dışına düşen noktalar, geometrik bir doğrulama adımı kullanılarak hariç tutulur. Bir aday nokta (x, y) , yalnızca $(x, y) \in B$ koşulunu sağlıyorsa tutulur, burada B sınır tarafından tanımlanan kapalı bölgeyi temsil eder. Bu doğrulama, hesaplamaları yalnızca geçerli alana sınırlayarak

hesaplama yükünü azaltır. Her bir geçerli aday nokta $(x, y) \in P_{geçerli}(x, y)$ için, mümkün olan en büyük daire, iki kısıtlamaya dayalı olarak yarıçapı hesaplanarak belirlenir:

Bunlardan birincisi olan sınır kısıtı, aday noktadan sınır üzerindeki en yakın noktaya olan mesafedir:

$$r_{sınır} = \min_{(x_b, y_b) \in B} \left[\sqrt{(x - x_b)^2 + (y - y_b)^2} \right] \quad (3)$$

Diğer faktör olan daire çakışma kısıtı ise mevcut en yakın dairenin kenarına olan mesafedir:

$$r_{daire} = \min_{(x_c, y_c, r_c) \in B} \left[\sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2} - r_c \right] \quad (4)$$

Aday dairenin yarıçapı şu şekilde belirlenir:

$$r = \min(r_{sınır}, r_{daire}) \quad (5)$$

Bu, aday dairenin tamamen sınır içinde kalmasını ve mevcut dairelerle çakışmamasını sağlar. Tüm geçerli aday noktalar değerlendirildikten sonra, en büyük yarıçapa sahip daire yerleştirilmek üzere seçilir:

$$(x_{eniyi}, y_{eniyi}, r_{eniyi}) = \arg \max_{(x, y) \in P_{geçerli}} r \quad (6)$$

Eğer yerleştirmede rastgelelik istenirse, bu adımda σ adlı ek bir rastgele değişken tanımlanabilir, $(x_{eniyi} + \sigma_x)$ ve $(y_{eniyi} + \sigma_y)$ olarak uygulanabilir.

Ardından, daire merkez koordinatları ve yarıçaplarını içeren tüm yerleştirilmiş dairelerin saklandığı bir C listesine eklenir:

$$C = C \cup (x_{eniyi}, y_{eniyi}, r_{eniyi}) \quad (7)$$

Her daire yerleştirildikten sonra, yeni eklenen daireyi dikkate almak için ızgara ve sınır kısıtlamaları güncellenir. Süreç, artık geçerli bir daire yerleştirilemeyecek duruma gelene kadar, yani mümkün olan en büyük yarıçap r_{eniyi} 'in, anlamlı en küçük daire boyutunu temsil eden önceden tanımlanmış bir eşik ϵ 'in altına düştüğü ana kadar tekrarlanır.

Bu yapılandırılmış ve yinelemeli yerleştirme stratejisi, sınırın mümkün olan en büyük dairelerle etkili bir şekilde doldurulmasını sağlayarak hem alan kapsamını hem de hesaplama verimliliğini optimize eder.

2.3. Sözde Kod ve Akış Şeması

Önerilen algoritma, dinamik bir sınır içinde mümkün olan en büyük çakışmayan daireleri yinelemeli olarak yerleştirerek hem verimli alan kaplamasını hem de sınır kısıtlamalarına uyumu sağlar. Aşağıda, yöntemin adım adım mantığı sözde kod (pseudocode) biçiminde özetlenmiştir.

Tablo 1. Sözde kod

Algoritma: Önerilen metot için sözde kod

- 1 Girdi
Dinamik şeklin sınır noktaları:
 $B = \{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots (x_n, y_n)\}$
Parametreler: ızgara çözünürlüğü, minimum yarıçap eşiği ϵ
- 2 Başlat
B'nin kapalı sınırları içinde bir aday noktalar ızgarası P oluştur
Aday noktaları sınır doğrulaması kullanarak sadece B'nin içinde kalanlarla filtrele.
- 3 Daire yerleştirme
 - a) Yerleştirilebilecek geçerli daireler olduğu sürece:
 - aşağıdakilere göre yarıçapı hesapla:
 - i. Sınır noktasına olan mesafe.
 - ii. Mevcut dairelere olan mesafe (çakışma kısıtı).
 - b) Mümkün olan en büyük yarıçapa sahip noktayı seç.
 - c) Daireyi yerleştir ve yerleştirilen daireler listesini (C) güncelle
- 4 Durdurma
Yerleştirilebilecek geçerli daire kalmadığında durdur (yarıçap ϵ ya da ulaşılan ön belirli daire sayısı).
- 5 Çıktı
Daire listesi
 $B = \{(x_1, y_1, r_1), (x_2, y_2, r_2), \dots (x_n, y_n, r_n)\}$
Kapsama alanının hesaplanması

Yukarıda matematiksel çerçevesi ve sözde kodu ayrıntılı biçimde açıklanan algoritmanın işleyiş süreci, Şekil 1'deki akış diyagramında görselleştirilmiştir. Bu diyagram, algoritmanın başlangıçtan durma koşuluna kadar olan tüm temel adımlarını sıralı ve anlaşılır biçimde sunarak genel yapının takip edilmesini kolaylaştırır. Her adımın işlem sırasına göre yerleştirildiği yapı, algoritmanın uygulama sürecine dair bakış sağlar.

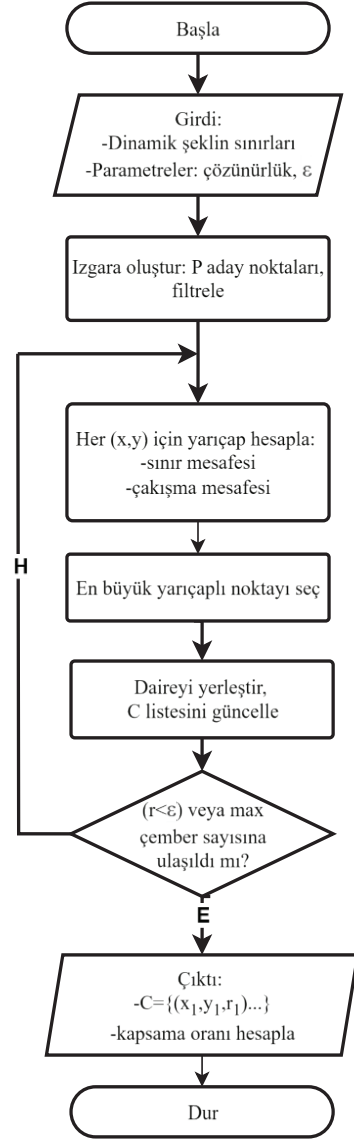
2.4. Kapsama Oranı

R_c kapsama oranı, C listesindeki dairelerin toplam alanını orijinal şeklin alanıyla karşılaştırır ve sonucu yüzde olarak verir.

$$R_c = \frac{\text{Dairelerin toplam alanı}}{\text{Şeklin toplam alanı}} \times 100 \quad (8)$$

Bu metrik, daire yerleştirme algoritmasının verimliliğini değerlendirmek için kullanılır.

Algoritmada kullanılan rastgelelik, daire merkezlerinin konumuna çok küçük sapmalar ekleyerek uygulanır. Bu sapmalar genellikle %1 seviyesini geçmediği için yerleşim desenini bozmadan çalışır. Sonuç olarak, kapsama oranı üzerindeki etkisi ihmal edilebilir düzeyde kalır ve genel performansı anlamlı şekilde etkilemez.



Şekil 1. Verilen algoritmaya ait akış diyagramı

2.5. Hesap Karmaşıklığı Analizi

Önerilen algoritmanın hesaplama karmaşıklığı, G : griddeki toplam aday merkez sayısı M : kapalı şeklin sınırlarını tanımlayan nokta sayısı, N : maksimum yerleştirilecek daire sayısı, K : o an yerleştirilmiş daire sayısı (her iterasyonda artar, $K \leq N$), ϵ çakışma toleransı veya rastgelelik düzeyi olmak üzere beş temel parametreye bağlıdır:

Her iterasyonda, griddeki G nokta değerlendirilir. Her bir aday nokta için işlem sayısının lineer artışını temsil etmek üzere O notasyonu kullanırsak sınır eğrisine en kısa mesafe $O(M)$, mevcut K daireyle çakışma kontrolü $O(K)$ karmaşıklığındadır. Böylece her iterasyonun toplam maliyeti $O(G \cdot (M + K))$ olur. Bu işlem N kez tekrarlanır; K değeri iteratif olarak arttığından toplam karmaşıklık T :

$$T(N) = O(G \cdot (N \cdot M + N^2)) \quad (9)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $G \cdot N^2$ terimi büyüme hızını belirleyen ana etkidir. Şeklin sınır yapısı karmaşıksa, M artar ve her aday merkez için mesafe hesaplama süresi uzar. Ayrıca rastgelelik veya tolerans kullanımı durumunda, karar adımı deterministik değil olasılıksal hale gelir ve seçim sürecine ek işlem yükü eklenir. Bu faktörler algoritmanın toplam süresini ve bellek tüketimini doğrudan etkiler. Dolayısıyla, karmaşıklığı azaltmak için G grid yoğunluğu düşürülebilir, sınır sadeleştirilebilir veya veri yapıları (örneğin KD-ağaç) ile K üzerindeki yük hafifletilebilir [25, 26].

3. Uygulama

Bu bölüm, önerilen algoritmanın basit ve karmaşık şekiller üzerinde gerçekleştirilen bir dizi deneyle uygulamasını sunmaktadır. Yöntem, basit şekiller, düzensiz sınırlar ve gerçek dünyadan alınmış bölümlenmiş şekiller dahil olmak üzere çeşitli geometrik yapılandırmalar üzerinde test edilerek geçerliliği ve verimliliği gösterilmiştir.

Deneyler, algoritmanın ayarlanabilir tolerans parametresini kontrol ederek daire yerleştirme davranışını düzenlemektedir. Tolerans değeri artırıldığında, daireler arasındaki izin verilen çakışma artırılır ve bu da kapalı şekli temsil etmek için gereken daire sayısında bir azalma ile sonuçlanır. Bu çakışma ve daire sayısı arasındaki denge, yöntemin belirli uygulama ihtiyaçlarına uyum sağlamadaki esnekliğini vurgulamaktadır. Farklı tolerans ayarlarının etkilerini göstermek için görsel sonuçlar ve nicel değerlendirmeler sunulmuştur. Ayrıca, genel sonuçlar üzerindeki etkisini gözlemlemek amacıyla, dairelerin konumlarına bir miktar ayarlanabilir rastgelelik eklenmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışma, düzensiz sınırlar içinde çakışmasız ve tolerans kontrollü daire yerleştirme yaklaşımıyla şekil temsili için esnek, kontrol edilebilir ve yüksek kapsama verimi sağlayan bir yöntem önermiştir. Algoritma, parametrik ayarlanabilirliği ve uygulama genelliği sayesinde sinyal ve görüntü işleme başta olmak üzere pek çok alanda uygulanabilir niteliktedir.

4.1. Algoritmanın Uygulama Çıktıları

Tablo 2, önerilen algoritmanın basit şekillerden karmaşık olanlara kadar çeşitli kapalı şekillere uygulandığında elde edilen çıktıları göstermektedir. Birinci satır (a–c), bir daire, bir elips ve bir yatık sekiz şekli gibi basit geometrileri içermektedir; burada algoritma, sınırları kaplamak için çakışmayan daireleri verimli bir şekilde yerleştirmiştir. İkinci satır (d–f), düzensiz "Amibe" formları ve bir denizyıldızı deseni gibi daha karmaşık şekillerden oluşmakta olup, algoritmanın karmaşık ve simetrik yapılara uyum sağlama yeteneğini göstermektedir. Üçüncü satır (g–i), radyasyon deseni ve radar benzeri şekiller gibi değiştirilmiş ve dağınık sınırları içermekte olup, algoritmanın düzensizlikleri ve gürültüyü ele alırken etkili kapsama alanını koruma yeteneğini sergilemektedir. Bu sonuçlar, kapalı şekillerin optimize edilmiş daire yerleşimiyle

temsil edilmesinde algoritmanın uyarlanabilirliğini ve etkinliğini vurgulamaktadır.

Bu uygulamada, kapalı şekil içindeki boş alanları azaltmak için yarıçapı artıran tolerans faktörü %10 olarak belirlenmiştir. Bu, diskler ve kapalı şekil arasında kabul edilebilir bir çakışma seviyesi sağlamaktadır. Disk merkezlerinin konumlarını ayarlayan rastgelelik faktörü ise maksimum %1 ile sınırlandırılmıştır. Algoritmanın durma kriteri, yarıçapın 0.001'den küçük olması veya maksimum 50 dairenin yerleştirilmiş olması koşuluna dayanmaktadır.

Tablo 2. Performans metriklerinin Şekil 2 için değerlendirilmesi.

Şekil 2. (a-i) için performans metrikleri (kapsama alanı)		
(a) %102.99	(b) %97.19	(c) %97.19
(d) %97.51	(e) %96.53	(f) %98.33
(g) %94.31	(h) %97,55	(i) %98,65

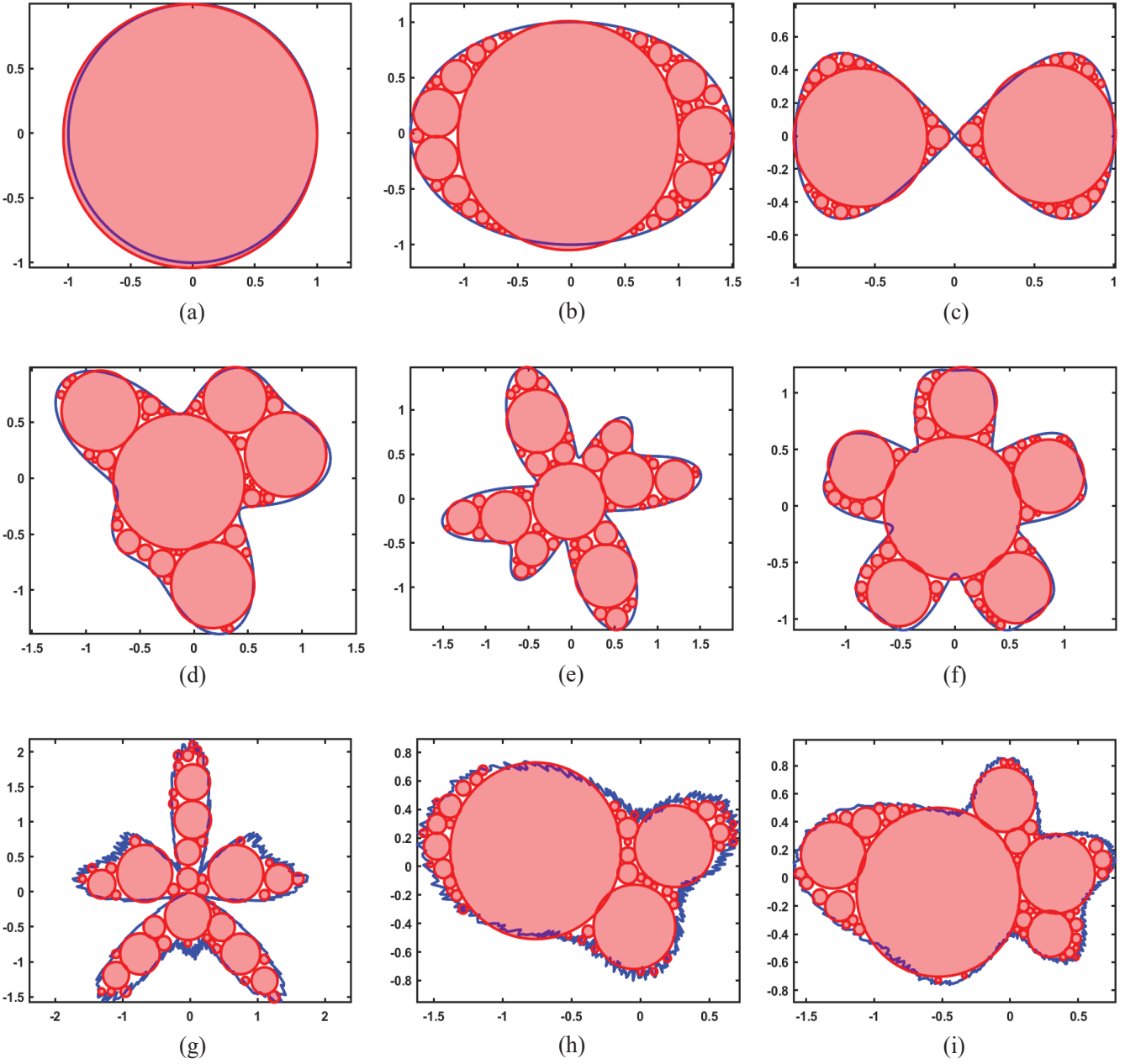
Tablo 2, Şekil 2'de gösterilen durumlar için performans metriklerini, özellikle kapsama alanı yüzdeleri sunmaktadır. Sonuçlar, farklı yapılandırmalar arasında kapsama verimliliğindeki değişiklikleri vurgulamaktadır.

Tablo 3. Performans metriklerinin Şekil 3 için 0%, 10% ve 20% tolerans değerleri için değerlendirilmesi

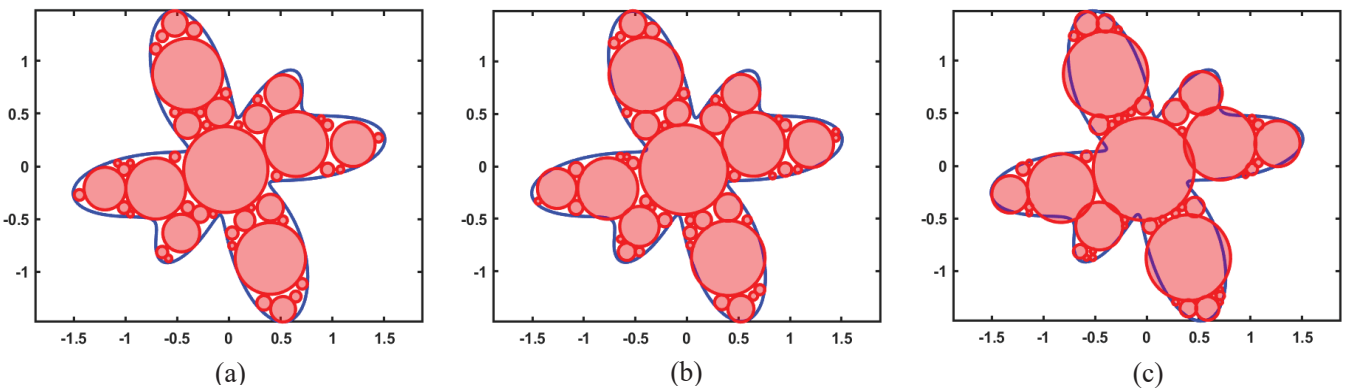
Şekil 3. (a-c) için performans metrikleri (kapsama alanı ve daire adedi)		
(a) %80.92	(b) %97.19	(c) %98.02
(a) 120 adet	(b) 95 adet	(c) 65 adet

Tablo 3, Şekil 3'te gösterildiği gibi, önerilen algoritmanın farklı tolerans değerleri (%0, %10 ve %20) için performans metriklerini (kapsama alanı) değerlendirmektedir. %0 toleransta algoritma, çakışmayan daire yerleşimine odaklanarak ve minimum boşluk bırakarak %80.92 kapsama alanına ulaşmaktadır. Toleransın %10'a çıkarılması, hafif çakışmalara izin vererek kapsama oranını %97.19'a yükseltmekte ve verimlilik ile temsil doğruluğu arasında bir denge sağlamaktadır. %20 toleransta ise daha fazla çakışmaya izin verilerek kapsama oranı %98.02'ye ulaşmakta, daha az daire kullanılarak temsil basitleştirilmektedir. Amip no:2 şekli için tolerans parametresi arttıkça şekli kaplamak için gereken daire sayısı önemli ölçüde azalır.

Tolerans 0 olarak ayarlandığında, dairelerin çakışmasına izin verilmediği için şeklin tamamen kaplanması toplamda 120 daire gerektirir. %10 gibi hafif bir toleransla, daire sayısı 95'e düşer, çünkü artık daha büyük daireler çakışan bölgeleri kaplayabilir. Tolerans %20'ye çıkarıldığında, daire sayısı daha da azalır ve toplamda 65 daireyle şekil temsil edilebilir hale gelir. Bu sonuçlar, tolerans parametresinin artırılmasının şekli daha az ve daha büyük daireyle ifade etmeyi sağladığını, böylece veri setindeki gereksiz tekrarları azalttığını göstermektedir. Özellikle veri özetleme ve sıkıştırma gibi uygulamalarda bu bir avantaj sağlar.



Şekil 2. Örnek kapalı şekiller için algoritma çıktıları (a) Çember (b) Elips (c) Yatık sekiz (d) Amip no:1 (e) Amip.no:2 (f) Deniz yıldızı (g) Yayılım deseni - dağınık (h) Radar işaretleri no:1-çok dağınık (i) Radar işaretleri no:2-az dağınık.



Şekil 3. Amip no:2 kapalı şekli için (a) 0% (b) 10% (c) 20% tolerans değerleri ile sağlanan algoritma çıktıları

4.2. Yöntemin Karşılaştırmalı Analizi

Farklı daire yerleştirme yöntemlerinin hesaplama karmaşıklıkları, algoritmaların uygulama alanları, sınır türleri ve yerleştirme stratejileriyle doğrudan ilişkilidir. Aşağıdaki tabloda, literatürde yaygın kullanılan üç anahtar yaklaşım ile önerilen algoritmanın teorik işlem yükleri karşılaştırılmıştır. Graham & Lubachevsky yöntemi [11] çakışmasız yoğun yerleşim amacıyla fizik tabanlı bir simülasyon sunarken, Ahn ve ark. deterministik, sabit grid üzerinde çalışır [9]. Tóth ise teorik sınırlara odaklandığı için işlem karmaşıklığı açıkça tanımlanmaz [5]. Önerilen yöntem ise kullanıcı tanımlı düzensiz sınırlarda çalışmakta ve tolerans kontrollü çakışma analizi içermektedir. Bu esneklik ve uyarlanabilirlik, hesaplama maliyetini artırsa da uygulama çeşitliliğini ve gerçek dünya uyumunu güçlendirir.

Tablo 4. Algoritmaların teorik işlem yükleri

Yöntem/ Kaynak	Karmaşıklık $T(N)$	Açıklama
Graham et al. (1998) [11]	$O(N^2 \cdot \log N)$	Yoğun çakışmasız yerleştirme, fizik tabanlı.
Tóth (1976) [5]	Belirtmez (teorik analiz)	Teorik sınırları modelleme.
Ahn et al. (2012) [9]	$O(N)$	Sabit grid üzerinde, yerleşim skoruna göre.
Önerilen Yöntem	$O(G \cdot (N \cdot M + N^2))$	Düzensiz sınır, tolerans, çakışma ve sınır kontrolü

Önerilen algoritma, uygulama esnekliği açısından literatürdeki birçok yaklaşımdan ayrılmaktadır. Özellikle sabit ve düzenli sınırlar yerine düzensiz, kullanıcı tanımlı konturlar üzerinde çalışabilmesi, gerçek dünya uygulamaları için önemli bir avantaj sağlar. Parametrik kontrol yeteneği sayesinde kullanıcı, tolerans ve rastgelelik gibi ayarlanabilir değişkenlerle doğruluk ve verimlilik arasında denge kurabilir. Literatürde bu düzeyde esneklik sunan yöntem sayısı oldukça sınırlıdır. Ayrıca, deneysel sonuçlar bu algoritmanın daha az daireyle yüksek kapsama oranlarına ulaşabildiğini göstermektedir. Hesaplama yükü nispeten yüksek olsa da bu durum algoritmanın sunduğu kontrol, esneklik ve başarı oranı göz önüne alındığında kabul edilebilir seviyede görülmektedir.

5. Değerlendirme ve Tartışma

Bu algoritma, düzensiz şekillerin dairelerle ayrıştırılması yoluyla elde edilen çıktılar sayesinde bilgisayarla görme ve veri görselleştirme alanlarında önemli katkılar sağlar. Karmaşık konturların dairesel yapılarla temsil edilmesi, verinin parametrik ve sıkıştırılmış biçimde özetlenmesine olanak tanır. Bu sayede hem bellek verimliliği sağlanır hem de öznetelik uzayı daha sade hale getirilerek makine öğrenmesi sistemlerine uygun girdi formatı oluşturulur.

Önerilen daire yerleştirme algoritması, çıktıları sayesinde dört temel alana doğrudan katkı sağlar: bilgisayarla görme, veri görselleştirme, makine öğrenmesi uygulamaları ve sinyal/görüntü işleme. Her alanda, karmaşık şekillerin basit dairesel öğelerle temsil edilmesi, işlemeyi kolaylaştıran yapısal avantajlar sunar.

Bilgisayarlı görü alanında algoritma, özellikle segmentasyon sonrası oluşan konturların özetlenmesinde kullanılır. Dairesel ayrıştırma sayesinde bir nesnenin sınırı az sayıda parametreyle tanımlanır ve bu özet yapı, şekil karşılaştırma, sınıflandırma ve yerel analiz gibi işlemleri hızlandırır. Daire merkezlerinin koordinatları ve yarıçapları, kontur yerine geçerek bölgesel işlem birimlerine dönüşür. Böylece geleneksel piksel düzeyinde işlem yerine anlamlı ve daha az sayıda yapısal birim kullanılır.

Veri görselleştirme açısından, daireler şekil içinde yayılım ve yoğunluk gösteriminde kullanılır. Her dairenin boyutu ve konumu, yerel alanların büyüklüğü ve dağılımı hakkında doğrudan fikir verir. Bu yapı, özellikle karmaşık sınırlara sahip verilerin sadeleştirilmiş, sezgisel olarak okunabilir biçimde sunulmasına olanak tanır. Böylece şekil içinde bilgi yoğunluğu, simetri veya düzensizlik görsel olarak kolayca ayırt edilir.

Makine öğrenmesi ve yapay zekâ uygulamaları için ise algoritma, yüksek boyutlu şekil verisini düşük boyutlu ama anlamlı vektörlere dönüştürür. Her daire bir örneklem birimi gibi ele alınabilir. Daire merkez koordinatları, yarıçap ve içerdiği bölgeye ait öznetelikler (yoğunluk, doku vb.) makine öğrenmesi modellerine uygun girişler oluşturur. Bu sayede sınıflandırma, kümeleme ve çıkarımsal analiz işlemleri daha etkili hale gelir.

Sinyal ve görüntü işleme alanından değerlendirilecek olursa, her daire bir filtre uygulama bölgesi (kernel) gibi kullanılabilir. Dairelerin farklı boyutlarda ve konumlarda olması, konum-adaptif ve çok çözünürlüklü filtreleme yaklaşımlarına olanak verir. Özellikle desen tanıma, kenar yumuşatma veya bölgeye özel işlem gerektiren uygulamalarda, bu yapı dinamik ve lokal müdahale imkânı sağlar.

Algoritma, uygulanabilirliğini ve performansını artırmak için birkaç yönde genişletilebilir. Önerilen daire yerleşimi tekniğine ait teknik detaylar eliptik bir geometri seçimi için tekrar uyarlanabilir Yöntemin üç boyutlu şekillere uyarlanması, 3D modelleme ve hacimsel veri analizi alanlarında kullanımını genişleterek, verimli küre tabanlı temsil olanakları sağlayacaktır. Şekil karmaşıklığı ve uygulamaya özel kısıtlamalar temelinde tolerans parametresinin otomatik optimizasyonu, doğruluk ile veri sıkıştırma arasındaki dengeyi daha da geliştirebilir. Makine öğrenimi tekniklerinin entegrasyonu, gerçek zamanlı uygulamalar için otomatik şekil tanıma, özellik çıkartımı ve parametrelerin dinamik olarak ayarlanmasını sağlayabilir. Bir çerçeve olarak bu yöntem birçok teknik alanda kullanılmak üzere tekrar yorumlanabilir niteliktedir.

Kaynakça

- [1] S. S. Haykin, ve B. Van Veen, "Signals and systems," p. 802, 2004.
- [2] A. V. Oppenheim, R. W. Schaffer, ve J. R. Buck, "Discrete-time signal processing," p. 864, 1999.
- [3] R. C. Gonzales, R. E. Woods, "Digital Image Processing Digital Image Fundamental," *Radiol Technol*, 2018.
- [4] C. Solomon, ve T. Breckon, "Fundamentals of digital image processing : a practical approach with examples in matlab," 2013, Accessed: Ara. 20, 2024. [Online]. Available: <https://www.everand.com/book/149045666/Fundamentals-of-Digital-Image-Processing-A-Practical-Approach-with-Examples-in-Matlab>
- [5] G. Fejes Tóth, "Multiple packing and covering of the plane with circles," *Acta Mathematica Academiae Scientiarum Hungaricae*, vol. 27, no. 1–2, pp. 135–140, Mar. 1976, doi: 10.1007/BF01896768.
- [6] Y. D. Marr, ve D. E. Hildreth, "Theory of edge detection," *Proc R Soc Lond B Biol Sci*, vol. 207, no. 1167, pp. 187–217, Şub. 1980, doi: 10.1098/rspb.1980.0020.
- [7] T. McNerney, ve D. Terzopoulos, "Deformable models in medical image analysis: a survey," *Med Image Anal*, vol. 1, no. 2, pp. 91–108, Oca. 1996, doi: 10.1016/S1361-8415(96)80007-7.
- [8] G. L. Orick, K. Stephenson, ve C. Collins, "A linearized circle packing algorithm," *Computational Geometry*, vol. 64, pp. 13–29, Ağu. 2017, doi: 10.1016/j.comgeo.2017.03.002.
- [9] Y. J. Ahn, C. M. Hoffmann, ve P. Rosen, "A note on circle packing," *Journal of Zhejiang University SCIENCE C*, vol. 13, no. 8, pp. 559–564, Ağu. 2012, doi: 10.1631/jzus.C1200010.
- [10] S. J. Gortler, C. Gotsman, ve D. Thurston, "Discrete one-forms on meshes and applications to 3D mesh parameterization," *Comput Aided Geom Des*, vol. 23, no. 2, pp. 83–112, Şub. 2006, doi: 10.1016/j.cagd.2005.05.002.
- [11] R. L. Graham, B. D. Lubachevsky, K. J. Nurmela, ve P. R. J. Östergård, "Dense packings of congruent circles in a circle," *Discrete Math*, vol. 181, no. 1–3, pp. 139–154, Şub. 1998, doi: 10.1016/S0012-365X(97)00050-2.
- [12] R. L. Lubachevsky, ve B. D. Graham, "Dense Packings of Equal Disks in an Equilateral Triangle: From 22 to 34 and Beyond," *Combinatorics*, no. 1, pp. 1–39, Jun. 2004, Accessed: Ara. 14, 2024. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/math/0406252>
- [13] Sh. I. Galiev, ve M. A. Karpova, "Optimization of multiple covering of a bounded set with circles," *Computational Mathematics and Mathematical Physics*, vol. 50, no. 4, pp. 721–732, Nis. 2010, doi: 10.1134/S0965542510040135.
- [14] G. F. Tóth, "Multiple packing and covering of spheres," *Acta Mathematica Academiae Scientiarum Hungaricae*, vol. 34, no. 1–2, pp. 165–176, Mar. 1979, doi: 10.1007/BF01902605.
- [15] C. T. J. Zahn, "Black box maximization of circular coverage:," Gaithersburg, MD, 1962. doi: 10.6028/NBS.RPT.7386.
- [16] F. Aurenhammer, "Voronoi diagrams—a survey of a fundamental geometric data structure," *ACM Comput Surv*, vol. 23, no. 3, pp. 345–405, Eyl. 1991, doi: 10.1145/116873.116880.
- [17] J. W. Cannon, W. J. Floyd, ve W. R. Parry, "Introduction to circle packing: the theory of discrete analytic functions," *The Mathematical Intelligencer*, vol. 29, no. 3, pp. 63–66, Haz. 2007, doi: 10.1007/BF02985693.
- [18] H. Haslach, "Random Heterogeneous Materials: Microstructure and Macroscopic Properties," *Appl Mech Rev*, vol. 55, no. 4, pp. B62–B63, Tem. 2002, doi: 10.1115/1.1483342.
- [19] K. A. Dowsland, M. Gilbert, ve G. Kendall, "A local search approach to a circle cutting problem arising in the motor cycle industry," *Journal of the Operational Research Society*, vol. 58, no. 4, pp. 429–438, Nis. 2007, doi: 10.1057/palgrave.jors.2602170.
- [20] Y. Jiao, F. H. Stillinger, ve S. Torquato, "Optimal Packings of Superdisks and the Role of Symmetry," *Phys Rev Lett*, vol. 100, no. 24, p. 245504, Haz. 2008, doi: 10.1103/PhysRevLett.100.245504.
- [21] M. S. Bayzid, T. Hunt, ve T. Warnow, "Disk covering methods improve phylogenomic analyses," *BMC Genomics*, vol. 15, no. S6, p. S7, Eki. 2014, doi: 10.1186/1471-2164-15-S6-S7.
- [22] Jianbo Shi, ve J. Malik, "Normalized cuts and image segmentation," *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, vol. 22, no. 8, pp. 888–905, Ağu. 2000, doi: 10.1109/34.868688.
- [23] S. S. Skiena, *The Algorithm Design Manual*. in Texts in Computer Science. Cham: Springer International Publishing, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-54256-6.
- [24] A. S. Elfshawy, S. B. Kesler, ve A. S. Abutaleb, "Adaptive algorithms for change detection in image sequence," *Signal Processing*, vol. 23, no. 2, pp. 179–191, May 1991, doi: 10.1016/0165-1684(91)90072-Q.
- [25] T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, ve C. Stein, "Introduction to algorithms, 4 Edition," *The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England*, p. 1291, 2022, Accessed: Nis. 13, 2025. [Online]. Available: <http://lccn.loc.gov/2021037260>
- [26] S. S. Skiena, *The Algorithm Design Manual*. Cham: Springer International Publishing, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-54256-6.

Özgeçmişler



Dr. Öğr. Üyesi Rıdvan Fırat Çınar, 2011 yılında Malatya İnönü Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden lisans, 2015 yılında Sakarya Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden yüksek lisans ve 2022 yılında aynı üniversiteden doktora derecesini almıştır.

2014-2022 yılları arasında Batman Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi ve Sakarya Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümlerinde araştırma görevlisi olarak çalışmıştır. 2023 yılından itibaren Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği bölümünde Doktor Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır.

Araştırma alanları arasında görüntü işleme, radar görüntüleme, radar sinyal işleme, kestirim kuramı ve optimizasyon algoritmaları yer almaktadır.