

Visibility Graphs For Image Processing

EMİNE AKDUMAN

Fırat Üniversitesi Lisans Öğrencisi

eakdmn@gmail.com

Türkiye, Elâzığ

Özet— Bu bölümde görünürlük graflarının genel ve yerel özelliklerinin neler olduğundan bahsedildi. Görünürlük Yolları (Visibility Pathes) ve Çoklu Görüntü Görünürlük Grafi (Image Multiplex Visibility Graph) terimlerinin genel olarak neler olduğu gerekli algoritmalar ve formüllerin tanımına yer verildi.

Anahtar Kelimeler— Görünürlük Yolları (Visibility Patches), Çoklu Görüntü Görünürlük Grafi (Image Multiplex Visibility Graph)

1. GİRİŞ

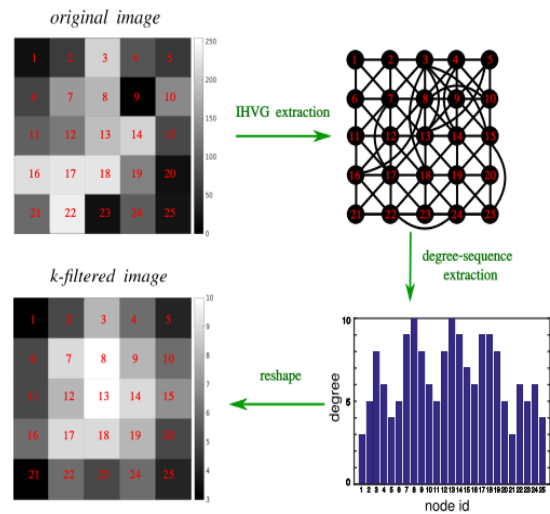
Burada yapacağımız, IVG/IHVG' den çıkarılabilecek ve gerçek görüntüleri tanımlamak ve ayırt etmek için kullanılacak graf özelliklerini tanımlıyoruz.

Genel özelliklerin dışında, görüntü görünürlük graflarının özelliklerini incelemekle ilgilenebiliriz ve bu alt bölümde, bu özellikleri belirlemeyi amaçlayan bir dizi yeni özellik takdim ediyoruz. Yöntem, belirli bir görüntü ile ilişkili IVG/IHVG' deki küçük alt grafların tekrarlarını saymaktan oluşur. Bu alt graflara Görünürlük Yolları (VPs) diyoruz ve bunları resmi olarak aşağıda tanımlıyoruz.

2. Topolojik Çizimler

En basit grafik özelliklerinden biri, düğümlerin yerel özellikleriyle ilgilidir. Örneğin, yönlendirilmemiş bir graftaki düğüm i'nin k_i derecesi, i'ye gelen bağlantıların sayısı olarak tanımlanırken, düğüm i'nin yerel kümeleme katsayısı, i'ye bitişik olan ve aynı zamanda birbirine bitişik olan düğümlerin yüzdesi olarak tanımlanır. Graf düğümlerine etiket atayabilir ve buna göre belirli bir grafın derece sırasını, kümeleme sırasını vb. tanımlayabiliriz. VG/HVG' ler düğümlerinde önceden belirlenmiş bir

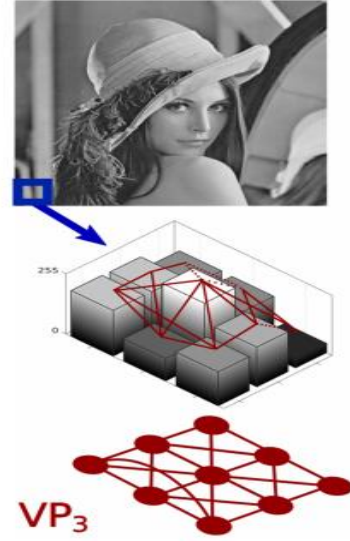
sıralama var ve bu nedenle diziler bu düzeni devralır: Derece dizisi (k_1, k_2, \dots) k_i referans noktası x_i ilişkili düğüm derecesi olacak şekildedir. Benzer etiketler bir IVG/IHVG düğümlerine eklenebileceğinden, bu durumlar burada düşünülen görüntü ayarına genişletilebilir. Ancak yapı olarak, görüntüdeki ilişkili piksellerin geometrik konumlarını temsil eden bir dizi açısından bir IVG/IHVG düğüm kümesini sıralamak doğaldır. Örneğin, Şekil 1'de 5 x 5 gri tonlamalı bir görüntü ile ilişkili IHVG' nin derece grafını çıkarma işlemini resmediyoruz. Derece grafında piksel değerleri (k_{ij}) IHVG' deki ij düğümlerinin derecesine karşılık gelir.



Şekil 1.

2.1 Genel Özellikler: Derece Dağılımı

IVG/IHVG' nin ilişkili görüntünün bilgilerini devraldığı varsayımı varsayıldığından, doğal bir yöntem bu graflardan özellikleri ayıklamak ve bunları görüntü sınıflandırma amacıyla kullanmaktır. Şimdi, graf özellikleri, genel özellikler veya yerel özellikler olarak sınıflandırılabilir. Genel özellikler, k derecesine sahip düğümlerin yüzdesi olarak tanımlanan $p(k)$, derece dağılımını ve derece sırasının diğer özelliklerini, kümeleme dağılımını, spektral özellikleri, döngülerin dağılımını vb. içerir. $P(k)$ 'nın basit görüntüler için tam olarak hesaplanabileceği ve farklı mekânsal-zamansal dinamik sistemleri ayırt etmek için iyi bir özellik olduğu gösterilmiştir.



Şekil 2. Bir Görünürlük Yolu sıralama $p=3$ ölçme işleminin çizimi.

2.2 Yerel Özellikler: Görünürlük Yolları (Visibility Patches VP_p)

$N \times N$ gerçek değerli görüntü matrisi ile ilişkili N^2 düğümlerinin IVG' sini düşünelim. P , VP_p sisteminin görünürlük yolu, bir dizi P^2 düğümü tarafından oluşturulan IVG' nin herhangi bir alt grafıdır;

$$\{ij\}_{i=s, j=s'}^{s+p-1, s'+p-1}$$

isteğe bağlı s, s' bunu karşılayan $1 \leq s, s' \leq N-p$. Belirli bir görünürlük düzeltme ekinin nasıl çıkarıldığına yönelik görüntü için Şekil 2'ye bakalım. Önemli olmayan görünürlük yolları oluşturan en düşük sıra $p=3$ 'tür. Bu görünürlük yolları, tüm görüntü boyunca 1 adım ile 3×3 piksel boyutundaki bir hücrenin kaydırılması ve Şekil 3'te gösterildiği gibi hücre içindeki karşılık gelen IVG/IHVG' lerin ayıklanmasıyla tespit edilebilir. Aslında, görünürlük yollarının algoritmik olarak hesaplanması, görünürlük graf modellerinin belirli bir kombinasyonunun varlığını veya yokluğunu kontrol etmeye indirgenir.

Bu gerçek, görünürlük yollarının matematiksel olarak izlenebilirliğinin yanı sıra, aşağıda gösterdiğimiz gibi görünürlük yollarını çıkarmak için doğrusal bir zaman algoritmasının dizaynını sağlar.

P , $(H)VP_p$ düzeninin (yatay)görünürlük yolu, bu motifleri p sıraları, p sütunları ve ana diyagonal ve anti-diyagonal boyunca dolduran p düzeninin $2p + 2$ sıralı görünürlük graf modellerinin sıralı bir dizisinden oluşur. Buna göre, belirli bir $(H)VP_p$ ' nin doğal bir numaralandırılması, tarafından verilen $(2p+2+q)$ boyutlu vektör V 'dir.

$$V = r_1, r_2, \dots, r_p, c_1, c_2, \dots, c_p, d_1, d_2, \dots,$$

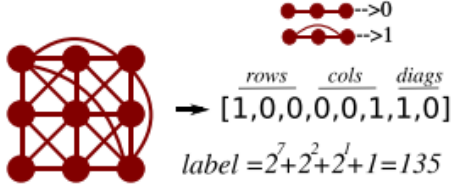
bu vektörün her bir elemanı, gerçek görünürlük grafi modelinin kimliğini simgelediği yönde numaralandırır. Örneğin, Şekil. 3' de daha basit üç değerli olmayan durum $p=3$ için bir örnek düşünelim. 3 sıranın sadece iki olası (yatay) sıralı görüş graf motifleri vardır (tablo 1'e bakınız). Bu, toplam $2(2p+2)=256$ farklı olası yol verir, bu da $2p + 2 = 8$ boyutlu vektör $V = (V_1, \dots, V_8)$.

$$L[v] = \sum_{i=1}^8 V_i 2^{8-i} = r_1 2^7 + r_2 2^6 + \dots + d_1 2^1 + d_2 2^0 + 1$$

TABLO 1.

Sıralı VG/HVG Motifleri 3

motif label	shape	HVG motif detection criterion	VG motif detection criterion
M0 0		$\{\forall x_0, x_2 : x_1 > x_0\} \cup \{\forall x_0 : x_1 < x_0, x_2 < x_1\}$	$\{\forall x_0, x_1 : x_2 \leq 2x_1 - x_0\}$
M1 1		$\{\forall x_0 : x_1 < x_0, x_2 > x_1\}$	$\{\forall x_0, x_1 : x_2 > 2x_1 - x_0\}$



Şekil 3. 3 sıralı görünürlük graf motiflerini (bkz.Tablo 1) ve ikili genişlemeyi kullanarak belirli bir HVP3 etiketinin görünümü.

Algoritma 1. PATCHPROFILE()

for $k_1, k_2 = k_1$ to $N-3$ do

$i \leftarrow k_1$

$j \leftarrow k_2$

$V \leftarrow 0$

if $M1(I_{i,j}, I_{i,j+1}, I_{i,j+2})$ then $V(1) \leftarrow 1$

if $M1(I_{i+1,j}, I_{i+1,j+1}, I_{i+1,j+2})$ then $V(2) \leftarrow 1$

if $M1(I_{i+2,j}, I_{i+2,j+1}, I_{i+2,j+2})$ then $V(3) \leftarrow 1$

if $M1(I_{i,j}, I_{i+1,j}, I_{i+2,j})$ then $V(4) \leftarrow 1$

if $M1(I_{i,j+1}, I_{i+1,j+1}, I_{i+2,j+1})$ then $V(5) \leftarrow 1$

if $M1(I_{i,j+2}, I_{i+1,j+2}, I_{i+2,j+2})$ then $V(6) \leftarrow 1$

if $M1(I_{i,j}, I_{i+1,j+1}, I_{i+2,j+2})$ then $V(7) \leftarrow 1$

if $M1(I_{i,j+2}, I_{i+1,j+1}, I_{i+2,j})$ then $V(8) \leftarrow 1$

$L \leftarrow 1 + \sum_{i=1}^8 V(i) 2^{8-i}$

$Z(L) ++$

return Z

function $M1 \ x_0, x_1, x_2$

$M1 \leftarrow \text{FALSE}$

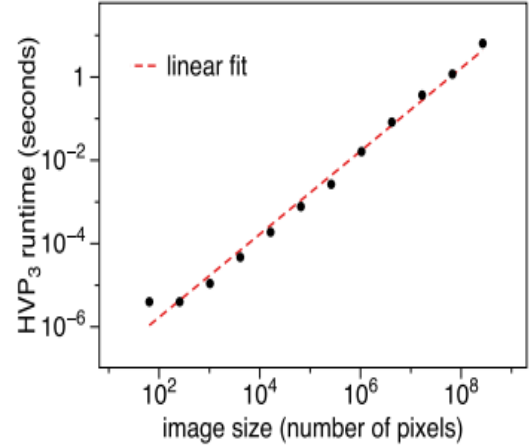
if $(x_1 < x_0) \wedge (x_2 > x_1)$ then $M1 \leftarrow \text{TRUE}$

return $M1$

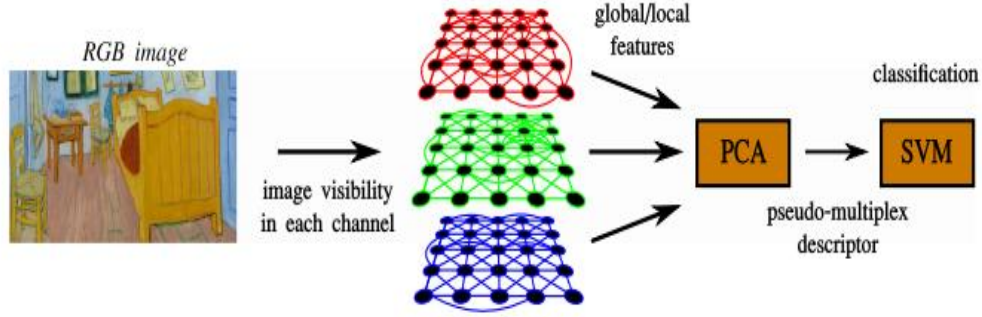
Doğrusal Zaman Tanıma Algoritması.

Görünürlük yolları ve görünürlük modelleri arasındaki ilişkiden daha fazla yararlanılarak, görüntünün piksel sayısı ile doğrusal olarak ölçeklenmiş belirli bir görüntünün görünürlük yolu profili Z 'yi tahmin etmek için bir algoritma oluştururuz. Özellikle, bir zaman serisindeki herhangi bir p düzeninin modellerinin tanınması, Tablo 1'de belirlenen eşitsizliği kontrol ederek doğrusal zamanda yapılabiliriz.

Şekil 4'te, doğrusal zaman karmaşıklığını ve dolayısıyla etkili bir özellik çıkarmasını sergileyen rastgele oluşturulan gri tonlama görüntüleri $I_{ij} \sim U\{0, \dots, 255\}$ için, görüntünün boyutunun (piksel sayısında) bir fonksiyonu olarak çalışma zamanının nasıl ölçeklendirildiğinin çizilmesini gösteriyor.



Şekil 4 . Görüntü boyutuna bağlı olarak 3 fonksiyonun yatay görünürlük yolu profil algoritmasının çalışma süresi. Algoritmanın girişi görüntüdür ve çıktı, her bir yolun frekans dağılımını kaydeden yol profili Z 'dir. Özellik ekstraksiyonu doğrusal olarak ölçeklenir (2.5 GHz IntelCore i7 işlemci üzerinde yapılan hesaplama).



Şekil 5. Bu görüntü çoklu görünürlük graf çıkarma işleminin çizimi (burada bir RGB görüntüsüne uygulanır, dolayısıyla $m = 3$ katmanlı çok katlı bir grafik verir). Katmanların her birinden çıkarılan özellikler, bir sınıflandırıcıya beslenen sözde çok katlı tanımlayıcı elde etmek için Bir Temel Bileşen Çözümlemesi kullanılarak birleştirilir.

2.3 Çoklu Görüntü Görünürlük Grafı (Image Multiplex Visibility Graph)

Bir dizi görüntüyü aynı anda ele almak isteyebiliriz. Örnekler arasında (i) Belirli bir görüntünün aslında üç kanalı (R, G ve B), (ii) farklı şekillerde filtrelenmiş belirli bir görüntü (örneğin, farklı topolojik çizimler kümesi veya farklı frekans bantlarında görüntü filtreleri, vb.) birleştirilerek oluşturulmuş olduğu RGB görüntüleri, (iii) belirli sayıda anlık görüntü, vb. içeren 'zamansal' bir görüntü verilebilir. Her durumda, incelenen görüntü aslında bir dizi m simgesidir $I = \{I^{(1)}, \dots, I^{(m)}\}$.

$I = \{I^{(1)}, \dots, I^{(m)}\}$ $N \times N$ gri tonlamalı görüntülerin sıralı bir dizisi olabilir. Görüntü çoklu görünürlük grafı, katmanın $a=1, \dots, m$ olduğu m katmanlarının çoklu görünürlük grafıdır. Bu mimari, her bir alt görüntüdeki her pikselin doğal hizalanması sayesinde mümkündür. Parsimony uğruna, bu çalışmada biz sadece verimli basit katman içi tanımlayıcılar birleştirerek performansını keşfetmek, interlayer ve özünde çoklu tanımlayıcıların performansını analiz ise gelecekteki çalışma için bırakılır. Katman içi tanımlayıcıların bilgilerini katmanlar arasında verimli bir şekilde birleştirmek için, burada, katman içi tanımlayıcıların kısıtlanmış özellik vektörünün sözde çoklayıcı tanımlayıcı altuzay olarak adlandırdığımız yeterli bir altuzaya yansıtılmak için Temel Bileşen Analizi gibi boyutsallık azaltma yöntemini uyguluyoruz (bir resim için Şekil 5'e bakınız).

REFERANSLAR

- [1]. J. Iacovacci and L. Lacasa, "Visibility Graphs for Image Processing," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 42, no. 4, pp. 974-987, 1 April 2020, doi: 10.1109/TPAMI.2019.2891742.
- [2]. <https://pdfs.semanticscholar.org/928c/1d0c43597142a5f6ea66e3c4c67db163e116.pdf>
- [3]. N. Ahmadi and M. Pechenizkiy, "Application of Horizontal Visibility Graph as a Robust Measure of Neurophysiological Signals Synchrony," 2016 IEEE 29th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS), Dublin, 2016, pp. 273-278, doi: 10.1109/CBMS.2016.73.
- [4]. H. Kaluder, M. Brezak and I. Petrović, "A visibility graph based method for path planning in dynamic environments," 2011 Proceedings of the 34th International Convention MIPRO, Opatija, 2011, pp. 717-721.
- [5]. <https://blogs.rand.com/architectural/2010/01/controlling-visibility-and-graphic-display-of-elements-using-filters-in-autodesk-revit.html>
- [6]. <https://www.cs.columbia.edu/~allen/F19/NOTES/lozanogrown.pdf>
- [7]. F. Hou, F. Li, J. Wang, and F. Yan. Visibility graph analysis of very short-term heart rate variability during

sleep. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 458:140–145, 2016.