

Visibility Graphs For Image Processing

EMİNE AKDUMAN

Fırat Üniversitesi Lisans Öğrencisi

eakdmn@gmail.com

Türkiye, Elâzığ

Özet— Bir dizi verildiğinde n düzlemdeki ayrık çizgi bölümlerinin, segment görünürlük grafi, köşeler, çizgi segmentlerinin uç noktalarına karşılık gelir ve bunların kenarları, karşılık gelen uç noktaları birbirini görebilen her köşe çiftini birleştirir. Bir görüntüden topolojik bir çizim çıkarma işlemi IHVG ve IVG yöntemleriyle yapılır.

Anahtar Kelimeler—Visibility Graphs(VG), Horizontal Visibility Graph(HVG),Image Visibility Graphs(IVG), Image Horizontal Visibility Graph(IHVG)

1. GİRİŞ

Görünürlük (Visibility) ve Yatay Görünürlük (Horizontal Visibility) Grafları (VG / HVG) zaman serileri gibi basit bir bağlaşımla olarak önerilmiştir.

Sıralı bir dizi düşünelim;

$$\{x(t)_{t=1}^N, \text{ where } x(t) \in \mathbb{R}^m\}$$

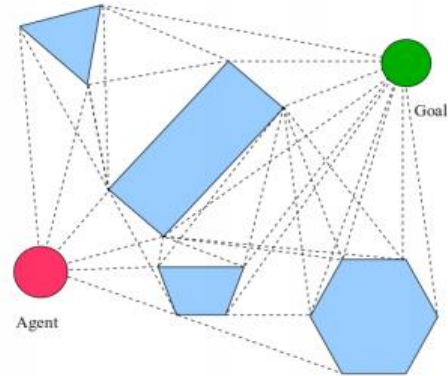
$m=1$ için bu tür dizinin genel bir durumu, bazı sistemleri tanımlayan tek değişkenli zaman serileridir, ama $m>1$ ise yüksek boyuttaki dinamik sistemlerden çok değişkenli zaman serilerini dikkate alırız. Bir zaman serisi N dizide belirli bir geometrik sıralama değeri tutuyorsa, iki düğümün graf ile bağlanacağı şekilde N düğümlerinin bir grafına eşlenir. Çok değişkenli durumda, düğümler dizisi olan m 'in kopyaları vardır. Bu kopyaların her biri farklı bir katmanı temsil eder ve kenar kümesi her katman için bir öncekinden farklıdır, böylece çoklu görünürlük grafini tanımlar.

2. IMAGE VISIBILITY GRAPHS

2.1 Tanımlar

Visibility Graphs(VG)

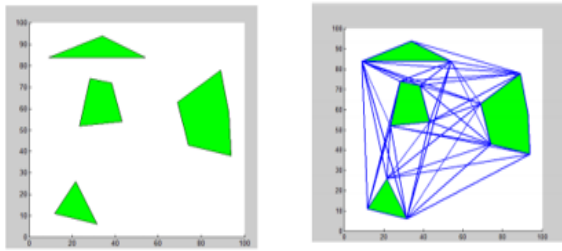
Visibility (Görünürlük): p ve q noktasının, onları birbirine bağlayan açık çizgi bölümü herhangi bir engelin iç kısmıyla kesişmezse karşılıklı olarak görünür olduğunu söylüyoruz.



$S=\{x_1, \dots, x_n\}$ n gerçekteğerli, sıralı bir dizi olsun. Bir görünürlük grafi n düğümlerinin yönlendirilmemiş bir grafıdır, burada her

düğüm i karşılık gelen referans noktası x_i 'nin zaman sırasına göre etiketlenir. Dolayısıyla x_1 $i=1$ düğümünde, x_2 $i=2$ düğümünde eşleştirilir ve bu şekilde devam eder. Sonra, iki düğüm i ve j (genellik kaybı olmadan $i < j$ varsayalım) herhangi bir ara veri 'yükseklik' x_k , $i < k < j$ kesişmeyen x_i ve x_j 'yi birbirine bağlayan düz bir çizgi çizelebilirse, (yönlendirilmemiş) bir bağlantı ile bağlanır. Yani, aşağıdaki dışbükeylik kriteri yerine getirilirse i ve j birbirine bağlanır:

$$X_k < x_i + \frac{k-i}{j-i} [x_j - x_i], \forall k: i < k < j$$



Grafta ki her düğüm bir nokta konumunu ve her kenar aralarında görünür bir bağlantıyı temsil eder. Yani, iki konumu birbirine bağlayan çizgi bölümü herhangi bir engelden geçmezse, grafta aralarında bir kenar çizilir.

Horizontal Visibility Graph(HVG)

Yatay görünürlük grafi (HVG) yöntemi Visibility Graph yönteminin geometrik olarak basitleştirilmesidir. Ayrıca, HVG yöntemi, bir zaman serisini, her bir düğümün zaman serisindeki bir veri noktasına karşılık geldiği bir grafa dönüştürür. Visibility Graph'a benzer bir tanım, yatay görünürlük grafi (HVG) için de geçerlidir. Ancak bu son grafta iki düğüm i, j (genellik kaybı olmadan $i < j$ 'yi varsayalım) herhangi bir ara veri x_k , $i < k < j$ ile kesişmeyen x_i ve x_j 'yi birbirine bağlayan yatay bir çizgi çizebilirse ve sadece bir bağlantı ile bağlanır. Aşağıdaki sıralama kriteri yerine getirilirse, HVG'deki i ve j bağlanır:

$$X_k < \inf(x_i, x_j), \forall k: i < k < j$$

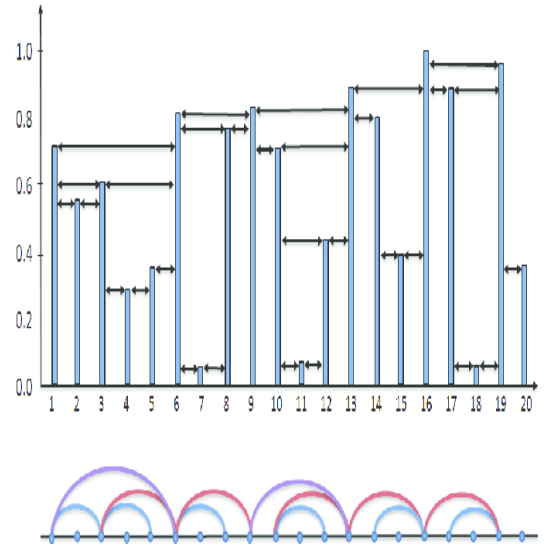


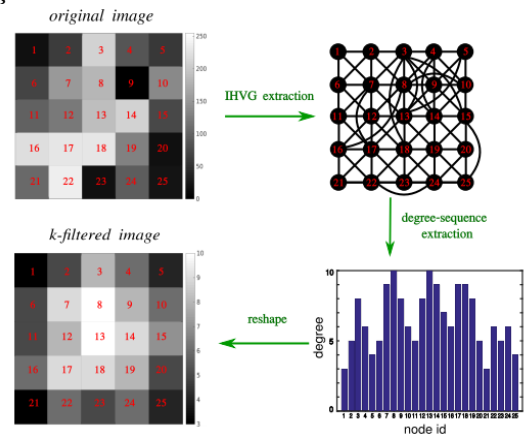
Image Visibility Graphs(IVG)

$I_{ij} \in \mathbb{R}$ 'nin olduğu bir $N \times N$ matrisi olsun. Görüntü görünürlük grafi (IVG), N^2 düğümlerinin bir grafidir, her düğüme karşılık gelen noktalar ile etiklendiği yer veri, I_{ij} , öyle ki, iki düğüm ij ve $i'j'$ ile bağlanırsa

$(i=i') \vee (j=j') \vee [(i=i' + p) \wedge (j=j' + p)]$, bazı tamsayı p için ve I_{ij} ve $i'j'$, ij ve $i'j'$ içeren sıralı bir sırayla tanımlanan VG'ye bağlanır.

Görüntü Yatay Görünürlük Grafi (IHVG), ikinci durumda VG yerine HVG tanımını kullanırsak eşdeğerdir.

Sezgisel olarak, IVG/IHVG, pikselleri düğüm olarak ele alan ve VG / HVG' de tanımlanan görünürlük ölçütlerine göre belirli yönlerde (satırlar, sütunlar, köşegenler) bulunan tüm düğümleri bağlayarak bir görüntüden bir graf çıkarır.



Yukarıda resim de bir görüntüden topolojik bir çizim çıkarma işlemidir. Burada resimleme için IHVG kullanıyoruz, ancak bu benzer süreç IVG için de geçerlidir. Görüntü başlangıçta, düğümlerin özelliklerinin bir IVG veya IHVG tanımına göre piksellerin mekânsal yerel bilgilerini devraldığı karşılık gelen IVG veya IHVG'ye (burada bir IHVG) eşleştirilir. Daha sonra, her düğüm için belirli bir topolojik özellik ölçülür (örneğin derecesi) ve ölçülen değerler orijinal görüntünün aynı boyutunda bir matris oluşturmak için geri eşlenir.

2.2 Ön Analiz: IVG ve IHVG Parazitine Sağlamlık

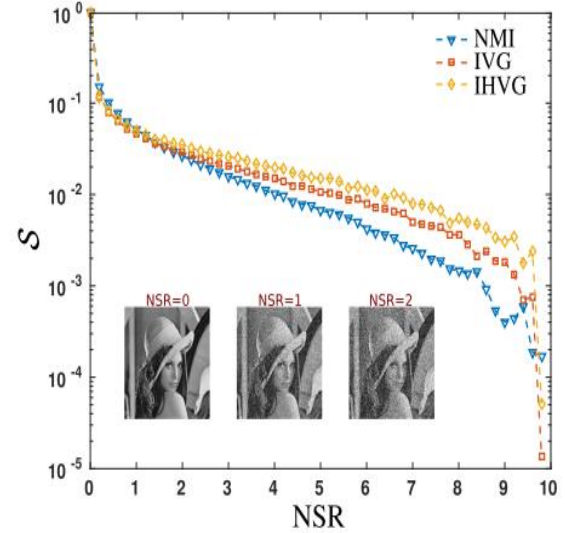
Başlangıçta görüntü görünürlük graflarının parazit kirliliğine karşı sağlamlığını araştırıyoruz. Bunu ölçmenin doğal bir yolu, belirli bir görüntüden çıkarılan görüntü görünürlük grafi ile farklı güç parazitinin beyaz Gauss paraziti ile kirlenmiş görüntüden çıkarılan ilgili görüntü görünürlük grafi arasındaki genel bağlantı örtüşme φ 'yu ölçmektir-bir gürültü-sinyal oranı (NSR);

$$\varphi = \frac{\sum_{ij} A_{ij} A_{ij}^{NSR} - \varphi_{min}}{\sum_{ij} A_{ij} - \varphi_{min}}$$

$A=\{A_{ij}\}$ ve $A^{NSR}=\{A_{ij}^{NSR}\}$ sırasıyla orijinal görüntüden ve kirliliğe uğratılmış görüntüden görünürlük grafiyle ilişkili bitişiklik matrislerini belirtin (bir bitişiklik matrisinin, i ve j düğümleri bağlıysa $A_{ij} = 1$ ve aksi takdirde 0 olan bir ikili matris olduğunu hatırlayınız).

φ_{min} ortak çapraz yapısı nedeniyle aynı büyüklükteki iki IVG/IHVG'nin her zaman paylaştığı bağlantıların sayısını hesaplar:

$$\varphi_{min} = 4(N-1)N + 4(N-1)^2 \sim 8N^2$$



IVG/IHVG arasındaki benzerlik ölçüsünün yarı logaritmik grafi, parazit-sinyal oranına (NSR) bağlı olarak belirli bir miktarda Gauss beyaz gürültüsü ile kirlenir. Doğrudan görüntülerde hesaplanan kıyaslama benzerlik ölçüsü, normalleştirilmiş karşılıklı bilginin uygun şekilde ölçeklendirilmiş bir versiyonuna dayanmaktadır. IVG / IHVG ayarına eşlenen bilgiler, görüntüde depolanan ham bilgilerden daha parazit kirliliğine karşı daha sağlam görünmektedir.

Sonuç olarak, IVG / IHVG'DE çıkarılan bilgilerin, önemli miktarda parazit eklendiğinde görüntüde bulunan ham bilgilerden daha parazit kirliliğine karşı daha sağlam olduğunu göstermektedir.

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]. S. Zhu and L. Gan, "Specific emitter identification based on horizontal visibility graph," 2017 3rd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC), Chengdu, 2017, pp. 1328-1332, doi: 10.1109/CompComm.2017.8322758.

[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]. J. Iacovacci, C. Rahmede, A. Arenas, and G. Bianconi, "Functional multiplex pagerank," *EPL Europhysics Lett.*, vol. 116, no. 2, 2016, Art. no. 28004.

[5].<http://cs.smith.edu/~istreinu/Teaching/Courses/274/Spring98/Projects/Philip/fp/visibility.htm>

[6].<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012365X87901907>

[7].https://en.wikipedia.org/wiki/Visibility_graph