

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/352735839>

# SİNYALİZASYON VERİLERİ İLE MALATYA KENTİ ULAŞIM AĞI KAVŞAK NOKTALARININ MERKEZLİLİK ANALİZİ

Article in Computer Science · June 2021

DOI: 10.53070/bbd.930166

CITATIONS

3

READS

120

1 author:



Furkan Öztemiz

Inonu University

20 PUBLICATIONS 24 CITATIONS

SEE PROFILE

## Sinyalizasyon Verileri İle Malatya Kenti Ulaşım Ağı Kavşak Noktalarının Merkezlilik Analizi

Furkan ÖZTEMİZ 

Department of Computer Engineering, Inonu University, Malatya, Turkey

(furkanoztemiz@gmail.com)

Received: Apr. 30, 2021

Accepted: Jun. 4, 2021

Published: Dec. 1, 2021

**Özet**— Kentlerdeki ulaşım sistemlerinin başarısı, yolların kesişim noktalarını oluşturan kavşak noktalarının konumu ve kalitesi ile doğru orantılıdır. Bu çalışmada birim zamanda kavşak noktalarına bağlı yollardan geçen araç sayıları dikkate alınarak, kavşak noktalarının mevcut sinyalizasyon planlarına göre verimliliği ve öneminin belirlenmesi için merkezlilik analizi yapılmıştır. Kullanılan veriler Malatya kentine ait 40 akıllı kavşak ve bu kavşakları besleyen 158 yola ait sinyalizasyon ve araç sayım verilerinden oluşmaktadır. Kullanılan veri 2019 senesine aittir. Kente ait veriler ulaşım ağına uygun olarak çizge(graph) yapısına dönüştürülmüştür. Bu ağırlıklandırılmış çizge üzerinde özdeğer vektör (eigenvector centrality) ile sayfa değeri merkezlilik(pagerank centrality) algoritmaları uygulanmıştır. Kavşak noktalarının önemi ve yük durumları her iki algoritma için ayrı ayrı tespit edilmiştir. Kavşak noktalarının yük durumu ve öneminin tespiti ile ortaya çıkan sonuçlar sinyalizasyon planlarında değişiklikler, kavşak noktalarındaki yüklerin dağıtılması ve trafik hacmi yüksek yollara ait araç yoğunluklarının azaltılması gibi süreçlerde önemli bir karar destek sistemi olacaktır. Çalışma R programlama dilinde yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** : Sinyalizasyon, Çizge, Özvektör Merkezlilik, Sayfa Değeri Merkezlilik.

**Abstract**— The success of the transportation systems in cities is directly proportional to the location and quality of the intersection points that form the intersections of the roads. In this study, a centrality analysis has been carried out in order to determine the efficiency and importance of the intersection points according to the current signalization plans, taking into account the number of vehicles passing through the roads connected to the intersection points per unit time. The data used consists of signaling and vehicle counting data of 40 smart intersections belonging to the city of Malatya and 158 roads feeding these intersections. The data used belongs to the year 2019. The data of the city were transformed into a graph structure in accordance with the transportation network. Eigenvector centrality and pagerank centrality algorithms have been applied on this weighted graph. The importance of the intersection points and the load cases have been determined separately for both algorithms. The results obtained with the determination of the load status and importance of the intersection points will be an important decision support system in processes such as changes in signalization plans, distribution of loads at intersection points and reduction of vehicle density on high traffic volume roads. The study was done in R programming language.

**Keywords** : Signaling, Graph, Eigenvector Centrality, Pagerank Centrality

## 1. Giriş

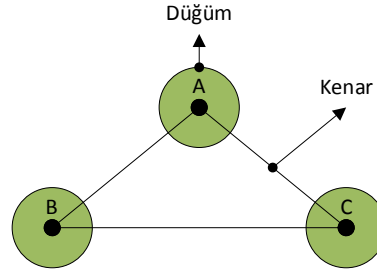
Yolların kesişim noktaları olan kavşaklar kent içi ulaşım ağının en kritik noktalarıdır. Kent için ulaşım ağlarının sorunsuz ve konforlu bir biçimde faaliyetlerine devam edebilmesi için kavşak noktalarından geçen araç sayılarının hesaplanabilir ve optimize edilebilir sistemler ile yönetiminin yapılması gerekmektedir. Kavşak yönetiminin en önemli bileşenlerinden birisi sinyalizasyon sistemleridir. Sinyalizasyon sistemlerinde belirlenen faz durumları ve süreler kavşaktaki araç yükünü doğrudan etkilemektedir (Alçelik N,2010). Günümüzde bu araç yükünü otonom olarak yönetebilecek akıllı kavşak sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler kavşak kollarındaki biriken araç trafiğini analiz ederek belirlenen yoğunluğa ulaşan kola yeşil süresini daha uzun yakarak veya kırmızı süresini kısaltarak koldaki araç yoğunluğunun azalmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada Malatya kentinde aktif olarak çalışan 40 adet akıllı kavşak sistemine ait araç sayım verileri kullanılarak bu kavşak noktalarının baskınlık değerlerini ve sinyalizasyon sistemleri üzerindeki yüklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Kullanılacak veri Malatya kentinin 2019 yılına ait 40 akıllı kavşağa 158 koldan giriş yapan araç sayımlarını içermektedir. Bu verilere göre 2019 yılı içerisinde bu kavşak noktalarından yaklaşık olarak 350 milyon araç geçmiştir. Bu veriler ulaşım ağı çizgesinin ağırlıklandırılmasında kullanılmıştır. Kavşak noktalarının baskınlık değerlerini tespit edebilmek için 40 akıllı kavşak ve bu kavşaklara bağlı yolların bulunduğu ağırlıklandırılmış ulaşım ağına özdeğer vektör merkezlilik ve sayfa değeri merkezlilik algoritmaları uygulanmıştır. Her iki algoritmada ulaşım ağı sistemlerindeki başarılı sonuçlarından dolayı tercih edilmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve her iki yaklaşıma göre kavşakların yük durumları ve sinyalizasyon sistemlerinin verimliliği hakkında önemli sonuçlara ulaşılmıştır. Literatürde sayfa değeri ve özdeğer vektör merkezlilik algoritmalarının ulaşım sistemlerinde ve farklı alanlarda uygulanmasına yönelik birçok çalışma mevcuttur.

Hark C.(2018) ve arkadaşları metin üzerindeki önemli kelimeleri belirleyerek metin özetleme işlemi uygulamışlardır. Çalışmalarında Pagerank ve farklı centrality algoritmalarını kullanmışlar elde edilen sonuçların başarısını karşılaştırmalı olarak vermişlerdir. Maharani W.(2014) Twitter dan alınan sosyal ağ verileri üzerine eigenvector ve degree centrality algoritmalarını uygulayarak bireyler arasındaki etkin kişileri tespit etmeyi amaçlamışlardır. Elde edilen sonuçlar neticesinde en etkin 10 insanın farklılıkları üzerindeki durulmuştur. Cheung KF.(2020) Konteyner taşımacılığında deniz ticareti açısından en kârlı nakliye ağının belirlenmesi için eigenvector centrality algoritmasını kullanarak optimizasyon işlemi uygulamışlardır. Zhao S.(2017) ve arkadaşları tarafından kentsel trafik akışını kavşak, yol ve topluluk gibi farklı modlara göre analiz etmek için bir yol ağının hem topolojik özelliklerini hem de geometrik özelliklerini dikkate alan gelişmiş bir ağ merkezliği ölçüm çerçevesi önerilmiştir. Analiz ölçüleri olarak degree, betweenness ve pagerank centrality algoritmaları ile şehir içi trafik akışını değerlendirebilmek için GPS destekli taksi yörünge verileri kullanılmıştır. Mededovic E.(2019) yaptığı çalışmada Milan ve Trento kentleri için telekom verileri kullanılarak çok yüksek iletişim trafiğinin olduğu yerler olan hotspot noktalarını belirlemek ve aralarındaki ilişkiyi ölçmeyi amaçlamıştır. Aralarında pagerank ve eigenvector centrality algoritmalarının da bulunduğu centrality algoritmaları telekom veri setine uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Sonuçların varyansı, Trento için Milano kentindekinden önemli ölçüde daha küçük olduğunu göstermiştir. Yan E.(2011) ve arkadaşları çalışmalarında akademik çalışmalarda bulunan ortak yazarlar ve yayınlara ait atıfların kullanılarak oluşturulan ağ üzerinde önerdikleri ağırlıklandırılmış pagerank algoritmasını uygulamışlardır. Elde edilen sonuçları ISSI konferanslarının h-endeksi, atıf ve program komite üyelikleri ile karşılaştırmışlardır. Bulgular önerilen ağırlıklı pagerank algoritmasının yazar etkisini ölçmede güvenilir sonuçlar sağladığını göstermektedir. Agryzkov T. ve diğerleri (2016) yapılan çalışmada uyarlanmış pagerank algoritması ile kentsel bir ağdaki düğümlerin merkeziyet sıralamasını oluşturmak için bir yöntem sağlamıştır. Oluşturulan veri matrisi bir düğümden başka bir düğüme eşit ihtimal ile atlayan pagerank vector'ün orijinal mantığından türetilmiştir. Yeni model ile yakın düğümlerden gelen verilerin uzak düğümlerden verilere kıyasla daha olası olduğu düşünülmektedir. Yeni modelin gerçek bir kentsel ağ üzerinde uygulanarak çeşitli ölçümler ile üretilen başarılı sonuçlarına çalışmada yer verilmiştir. Lohmann G.(2010) ve diğerleri yaptıkları çalışmada eigenvector centrality temelli parametresiz alternatif bir varsayım yöntemi sunmuşlardır. Beyindeki voxeller üzerinde farklı centrality algoritmaları uygulanmış elde edilen sonuçlar incelendiğinde eigenvector merkezliliğin içsel sinir mimarisini voxel seviyesinde yakalamak için hesaplama açısından verimli bir yöntem olduğu gösterilmiştir.

Sunulan çalışmada kullanılan sayım verileri SqlServer ortamında 45 milyon satır veriden oluşmaktadır. Hatalı verilerin sistemden çıkarılması için veri ön işleme süreci yine Sql Server ortamında gerçekleştirilmiştir. Ulaşım ağının oluşturulması ve algoritmaların uygulanması R programlama dilinde Igraph, networkD3, visNetwork kütüphaneleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

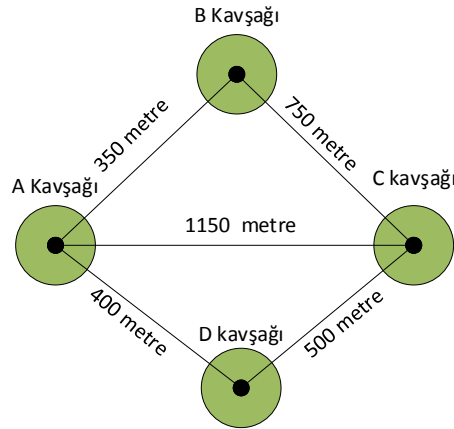
## 2. Çizge(Graf) Teorisi Ve Centrality Algoritmaları

Çizgeler veri grupları arasında ilişkilerin gösterilmesinde kullanılan ağ yapılarıdır(Darbaş H, 2020). Ulaşım ağları, sosyal ağ analizleri vb.. birçok popüler kullanım alanına sahiptir. Düğüm ve kenar olmak üzere iki önemli parametreden oluşmaktadır. Şekil 1’de örnek bir çizge yapısı verilmiştir. Düğümler nesneleri ifade ederken kenarlar ise bu nesneler arasındaki ilişkileri belirtmektedir (Öztemiz F. 2020).



Şekil 1. Örnek çizge yapısı

Çizgeler yönlerine göre yönlü, yönsüz ve karma olmak üzere 3’e ayrılmaktadır (Öztemiz F.2020). Ayrıca düğümler arasındaki bağlantılarının gücünün her kenarda sabit olması çizgenin ağırlıksız, bağlantılarının gücünü, uzunluğunu, yoğunluğunu ifade eden farklı sayısal ifadeler var ise ağırlıklı çizge denilmektedir (İnce ve Karcı,2019). Şekil 2’de ulaşım ağındaki kavşak noktaları arasındaki mesafeleri belirten ağırlıklı örnek bir çizge verilmiştir.



Şekil 2. Ağırlıklandırılmış örnek çizge

Çizge teorisinde farklı problem türlerine uygulanabilecek çok sayıda çizge algoritmaları mevcuttur. Bunlardan en popüler olanları probleme özgü tasarlanan çizge ağı içerisindeki yeni oluşabilecek bağlantıları tespit eden link prediction, ağ içerisindeki gruplaşmaları tespit eden cluster algoritmaları, benzerlikleri tespit eden similarty algoritmaları ve düğümlerin ağ içerisindeki etkin olma durumunu tespit eden centrality algoritmaları olarak verilebilir (Needham M, 2020). Bu çalışma için ulaşım ağları üzerinde başarılı sonuçlar veren eigenvector ve pagerank centrality(merkezlilik) algoritmaları tercih edilmiştir.

### 2.1. Eigenvector merkezlilik:

Phillip Bonacich tarafından 1987 senesinde önerilmiştir. Düğümlerin geçiş etkilerini ve bağlantılarını tespit etmektedir. Yüksek puanlı düğümlerin diğer düğümler üzerindeki etkisi, düşük

puanlı düğümlerin etkisine göre daha fazladır. Bu sayede yüksek puanlı düğümlerin yine bir başka yüksek puanlı düğüme bağlı olduğu tespit edilmiştir (Bonacich P, 2007). Denklem (1) ve Denklem (2)'de algoritmaya ait genel formül verilmiştir. Formülde verilen ifadelerden A, çizgeye ait bitişiklik matrisini,  $\lambda$  ise A matrisinin en büyük özdeğer vektörüdür (Bonacich P, 2007).

$$Ax = \lambda x, \quad \lambda x_i = \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j, \quad i = 1, \dots, n \quad (1)$$

$$c(\beta) = \sum_{k=1}^{\infty} \beta^{k-1} A^k \mathbf{1}, \quad |\beta| < 1/\lambda \quad (2)$$

## 2.2. Pagerank merkezlilik:

1998 yılında Larry Page ve Sergey Brin tarafından Standford Üniversitesinde geliştirilmiştir. Algoritmanın ortaya çıkış noktası arama motorlarında aranan içeriklere daha doğru bir şekilde yönlendirme sağlamak için web sayfalarının kalitesini hesaplamaktır. Pagerank algoritması yönlendirilmiş çizgedeki düğümlerin önemini ölçen önemli bir algoritmadır (Pagerank ,2020). Gelen bağlantı ve kaynak düğümün önemine göre her düğümün puanını yinelemeli olarak komşularına dağıtarak hesaplamaktadır. Bu çözüm yöntemi rastgele bir çizgeyi tamamen incelemeye eşdeğerdir. Denklem (3)'de algoritmaya ait formül verilmiştir.

$$PR(A) = (1 - d) + d \left( \frac{PR(t_1)}{c(t_1)} + \dots + \frac{PR(t_n)}{c(t_n)} \right) \quad (3)$$

$t_1 \dots t_n$ : Değerini bulmak istediğimiz düğümün kaynak düğümlerini,  $PR(t_n)$ : Kaynak düğümlerin kendi değerlerini,  $C(t_n)$ : Her düğümün diğer düğümlere verdiği bağlantı sayısını,  $d$ : Damping factor katsayısı (Pagerank ,2020).

## 3. Uygulama

Çalışma Malatya kentinin Şekil 3.de belirtilen akıllı kavşaklar olarak sınıflandırılan kavşak noktalarına ait veriler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu kavşak noktalarında sinyalizasyon sistemine girilen çalışma planları doğrultusunda araç yoğunluklarına göre dinamik olarak sinyalizasyon sürelerinde güncellemeler yapılmaktadır. Bu çalışmada 40 kavşak noktası ve bu kavşak noktalarını besleyen 158 yola ait 2019 yılı araç sayım verisi kullanılmıştır. Sayım verilerine göre bu kavşak noktalarında 2019 yılında 351.239.271 adet araç geçmiştir.



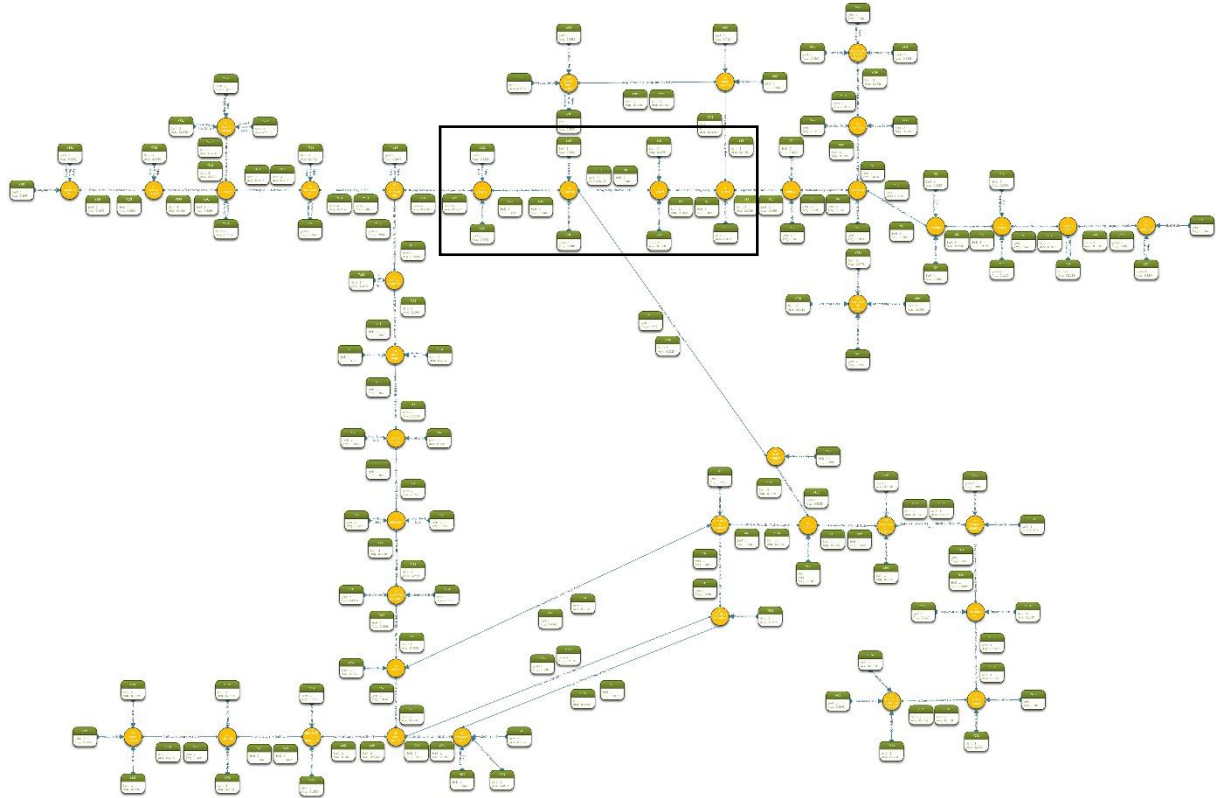
Şekil 3. Malatya kenti sayım verisi alınan kavşak noktaları

Tablo 1'de en çok aracın geçtiği 10 kavşak noktasına ait sayım verileri sıralı olarak verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde İstasyon kavşağından yaklaşık 22,3 milyon araç geçmiştir.

**Tablo 1.** En yüksek araç sayımına sahip kavşaklar

Sıralama	Kavşak Adı	Araç Sayım Verileri
1	İSTASYON	22.350.123
2	BOSTANBAŞI	20.766.449
3	EMEKSİZ	19.584.282
4	HAVA	19.030.032
5	BEYDAĞI	18.045.748
6	SANAYİ	16.096.747
7	HEKİMHAN	16.040.366
8	ÇÖŞNÜK	13.973.487
9	AKPINAR	13.403.532
10	BATTALGAZİ	12.196.127

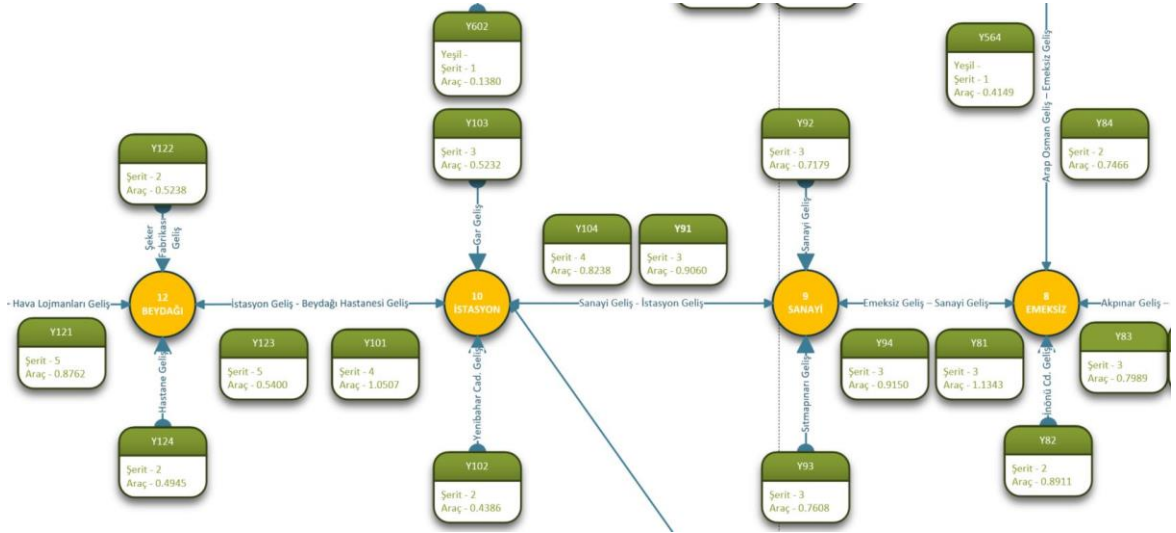
Şekil 3. de verilen kavşak noktaları Şekil 4’deki gibi çizge formuna getirilerek kavşaklara bağlı her yol için sinyalizasyondaki yeşil ışık süresi ve araç sayım bilgileri ilgili kurumdan temin edilmiştir. Bütün kavşakların kendine bağlı yollardaki 1 sn yeşil yanma süresince ortalama kaç araç geçtiği hesaplanmıştır.



**Şekil 4.** Akıllı kavşak ulaşım ağı çizge yapısı

Şekil 5.de, Şekil.4 de dikdörtgen içerisinde belirtilen çizgenin yakınlaştırılmış hali verilmiştir. Şekil 5. incelendiğinde sarı ile belirtilen daireler kavşak noktalarını ifade ederken, yeşil ile belirtilen kareler ise kavşak noktalarına bağlı yolları ifade etmektedir. Ayrıca yeşil karelerin içerisinde 1’sn de ilgili yoldan ne kadar araç geldiğini belirtilmiştir.





**Şekil 5.** Çizgenin yakınlaştırılmış hâli

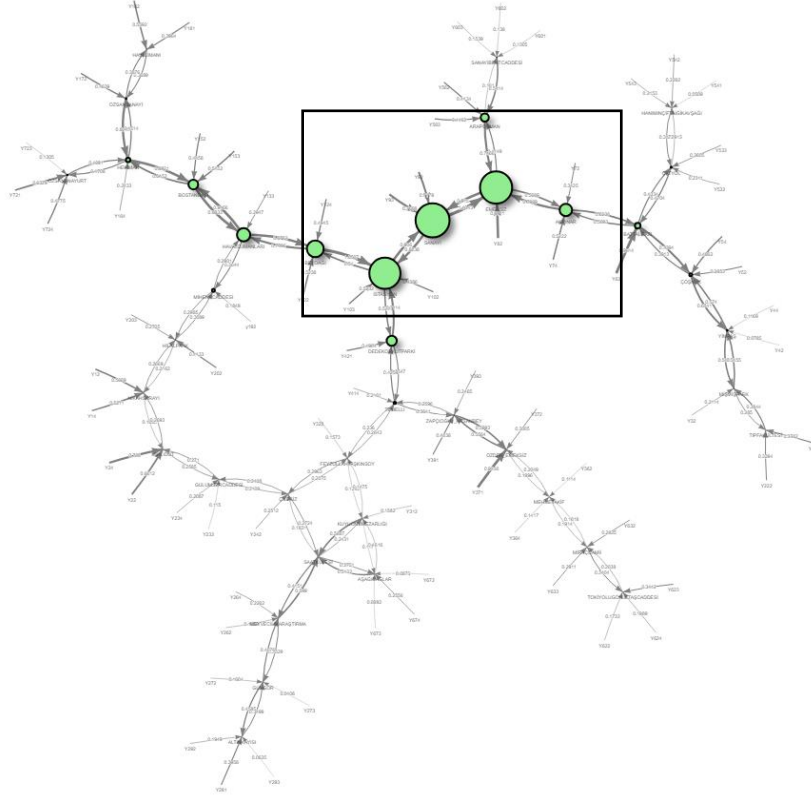
İlgili kavşak ve yol bağlantıları ile birim zamandaki araç sayımları göz önünde bulundurularak ulaşım ağı çizgesi oluşturulmuştur ve bu çizge üzerinde özdeğer vektör ve sayfa değeri merkezlilik algoritmaları uygulanmıştır. Tablo 2’de özdeğer vektör algoritmasına göre merkezlilik değeri en yüksek 10 kavşağa ait veriler belirtilmiştir. Özdeğer vektör algoritmasına göre Sanayi kavşağı birim zamanda geçen araç sayısına göre en etkili ve yoğun kavşak noktası olarak tespit edilmiştir. Kilit öneme sahip Sanayi kavşağını sırası ile Emeksiz, İstasyon kavşakları izlemektedir. Tablo 1’de Sanayi kavşağı 6. sırada bulunmasına rağmen komşu kavşak noktalarının etkinlik değerinin yüksek olması sebebi ile Sanayi kavşağı özdeğer vektör merkezlilik değeri olarak ilk sıraya yükselmiştir.

**Tablo 2.** Eigenvector merkezliliğe göre en etkin 10 kavşak noktası

Sıralama	Kavşak Adı	Özdeğer vektör merkezlilik
1	SANAYİ	1
2	EMEKSİZ	0,946
3	İSTASYON	0,917078
4	BEYDAĞI	0,49412
5	HAVALOJMANLARI	0,391501
6	AKPINAR	0,366035
7	DEDEKORKUTPARKI	0,299151
8	BOSTANBAŞI	0,287254
9	ARAPOSMAN	0,238587
10	BATTALGAZİ	0,166261

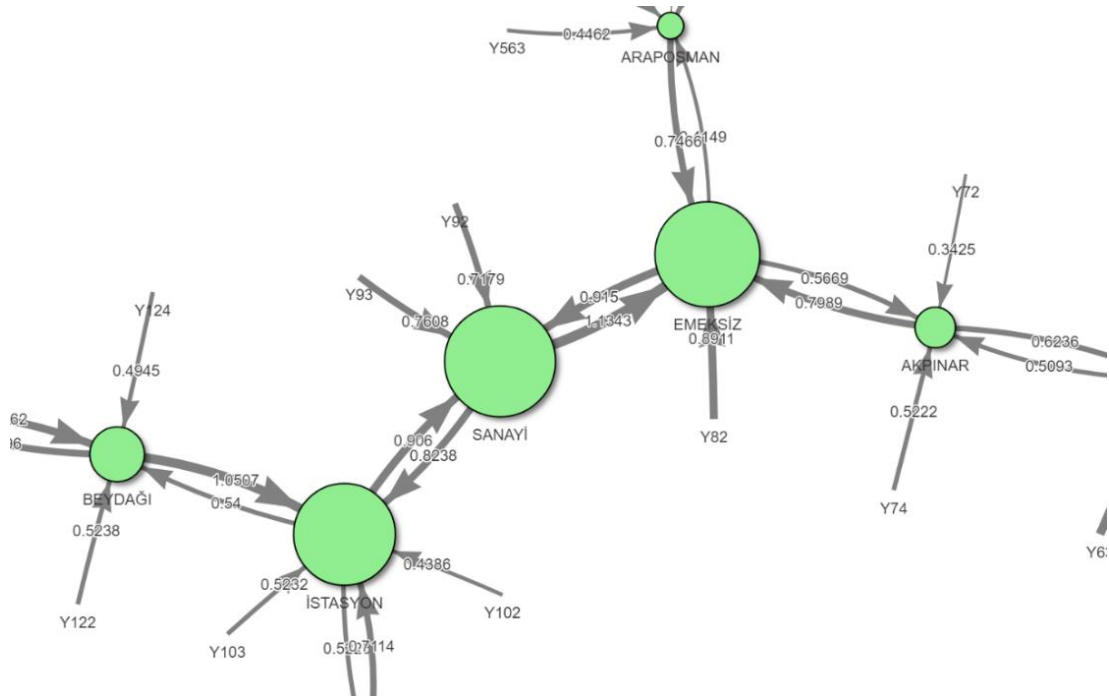
Şekil 6’de özdeğer vektör merkezlilik değerlerine göre kavşak noktalarının konumları çizge üzerinde gösterilmiştir.

Şekil 7, Şekil 6’da belirtilen dikdörtgen içerisindeki alanın yakınlaştırılmış halidir. Şekil 7 incelendiğinde yeşil dairelerin çapı kavşak noktalarının merkezlilik değeri ile doğru orantılı olarak artıp azalmaktadır.



**Şekil 6.** Eigenvector algoritmasına göre ulaşım ağı kavşak noktaları

Tablo 2’de görüldüğü üzere özdeğer vektör merkezlilik değeri en yüksek olan ilk 3 kavşak olan Sanayi, Emeksiz, İstasyon kavşakları Şekil 7’de en büyük daire genişlikleri ile ifade edilmiştir. Kavşak noktalarına bağlı yollar ise 1’sn de geçen araç sayısına göre dar veya geniş olarak belirtilmiştir. Merkezlilik değeri en yüksek olan Sanayi kavşağı incelendiğinde, 1’sn de ortalama olarak Y92 yolundan 0,7179 araç, Y93 yolundan 0,7608 araç, Emeksiz kavşağından 0,915 araç, İstasyon kavşağından 0,906 araç sanayi kavşağına gelmektedir.



**Şekil 7.** Özdeğer vektör merkezlilik algoritmasına göre ulaşım ağı yakınlaştırılmış hâli

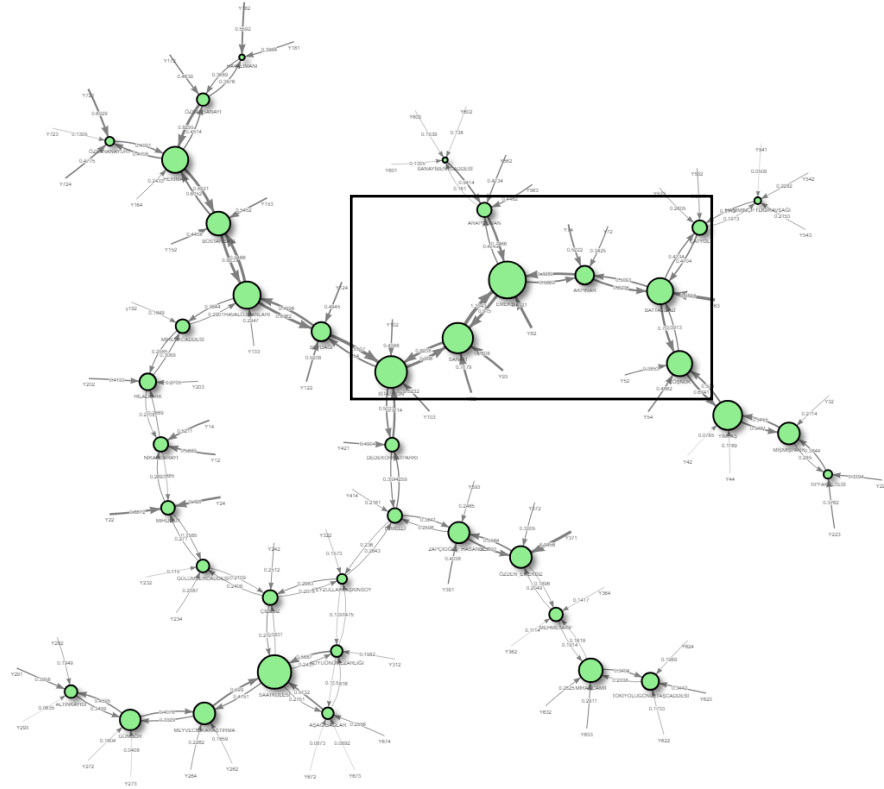


Aynı ulaşım ağına pagerank algoritması uygulanmış ve sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Tablo 3’e göre sayfa değeri merkezlilik sonucu en yüksek olan kavşak Emeksiz kavşağı olarak tespit edilmiştir.

**Tablo 3.** Sayfa değeri merkezliliğe göre en etkin 10 kavşak noktası

Sıralama	Kavşak Adı	Sayfa değeri merkezlilik
1	EMEKSİZ	0,043940534
2	SAAT KULESİ	0,03989051
3	İSTASYON	0,038007032
4	SANAYİ	0,03646169
5	YİMPAŞ	0,034739874
6	HAVALOJMANLARI	0,032686023
7	HEKİMAN	0,031565594
8	BATTALGAZİ	0,031549173
9	ÇÖŞNÜK	0,030495898
10	BOSTANBAŞI	0,028792932

Şekil 8’de sayfa değeri merkezlilik değerlerine göre kavşak noktalarının ulaşım çizgesi üzerindeki durumu verilmiştir.



**Şekil 8.** Sayfa değeri algoritmasına göre ulaşım ağı kavşak noktaları

Şekil 9, Şekil 8’de belirtilen dikdörtgen içerisindeki alanın yakınlaştırılmış halidir. Kavşakları ifade eden yeşil dairenin çapı merkezlilik değeri ile doğru orantılı olarak artıp azalmaktadır. Tablo 3’de pagerank merkezlilik değeri en yüksek olan ilk 3 kavşak noktasının Emeksiz, Saat kulesi, İstasyon kavşağı olduğu görülmektedir. En yüksek değere sahip Emeksiz kavşağı incelendiğinde, 1sn de ortalama olarak Y82 yolundan 0,8911 araç, Sanayi kavşağından 1,1343, Arap Osman kavşağından 0,7466 araç, Akpınar kavşağından 0,7989 emeksiz kavşağından geçmiştir.



#### 4. Sonuç

Bu çalışmada Malatya kentindeki akıllı kavşaklara ait sinyalizasyon verileri kullanılarak kavşak noktalarının yük durumunun ve kavşak noktalarının ulaşım ağı içerisindeki önemini belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmada belirlenen 40 akıllı kavşak noktasına ait 158 yoldaki araç sayım verileri ve yeşil ışık yanma süreleri kullanılmıştır. Birim zamanda bu kavşaklardan geçen araç sayıları belirlenerek ulaşım ağı ağırlıklandırılmış çizgeye dönüştürülmüştür. Oluşturulan çizge üzerinde özdeğer vektör ve sayda değeri merkezlik algoritmaları uygulanarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Özdeğer vektör algoritması kavşakların önemini belirten merkezlik değerlerini hesaplamak için komşu kavşak noktalarının birim zamandaki yoğunluklarını göz önünde bulundururken sayfa değeri algoritması ayrıca bu yoğunlukların kaç farklı kavşak noktasından geldiği ile de ilgilenmektedir. Kavşak noktaları üzerlerinden geçen araçlar bir sonraki kavşak noktasını doğrudan etkilediği için çalışmadaki öz değer vektör merkezlik değerleri istenilen sonucu daha yüksek doğrulukla sağlanmaktadır. Çalışmada trafik yükünü en çok karşılayan kavşak noktaları tespit edilmiştir. Ayrıca mevcut sinyalizasyon planlarına göre elde edilen araç sayım verileri kavşak noktalarındaki oluşabilecek aşırı yoğunluklar hakkında bize bilgiler vermektedir. Bu sayede kavşaklardaki sinyalizasyon planlamalarının optimize edilmesinde önemli bir karar destek sistemi olması öngörülmektedir. Birim zamanda kavşaklara bağlı kollar üzerinden gelen trafik değerlerinin oransal olarak belirlenmesi ile genel ulaşım ağındaki kavşak noktalarının verimliliği hakkında önemli sonuçlar ortaya çıkarılmıştır.

#### Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde fikir ve önerileri ile katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Ali KARCI'ya, Sinyalizasyon ve araç sayım verileri ile katkı sağlayan Malatya Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Hizmetleri Dairesi Başkanlığına teşekkür ederim.

#### Kaynaklar

- Alçelik N. (2010) KENT İÇİ SİNYALİZE VE DÖNEL KAVŞAKLARIN KAPASİTE AÇISINDAN KARŞILAŞTIRILMASI ÜMRANİYE İLÇESİNİN ÖRNEĞİNİN İNCELENMESİ. Bahçeşehir Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İSTANBUL
- Agryzkov T., Tortosa L., Vicent J. F. (2016) New highlights and a new centrality measure based on the Adapted PageRank Algorithm for urban networks. Applied Mathematics and Computation, Volume 291, Pages 14-29
- Bonacich P. (2007). Some unique properties of eigenvector centrality. Elsevier, Social Networks Cilt, 29. Sayı, 4. October, s. 555-564
- Cheung K.F, Bell M.G.H, Pan JJ, Perera S (2020). An eigenvector centrality analysis of world container shipping network connectivity. Transportation Research Part E, Volume 140, 101991
- Darbaş H, Karıcı A (2020). Graf Benzerliği İle Metin Kıyaslama, Anatolian Journal of Computer Sciences, 5-2 pp:114-125
- HARK C, UÇKAN T, SEYYARER E. and KARCI A. (2018) Graph-Based Suggestion For Text Summarization. International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP), pp. 1-6
- İnce K. ve Karıcı A. (2019) Akademik işbirliklerinin yeni bir çizge olarak modellenmesi ve istatistiki analizi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 34 Sayı 1, Ankara Turkey
- Lohmann G, Margulies DS, Horstmann A, Pleger B, Lepsien J, et al. (2010) Eigenvector Centrality Mapping for Analyzing Connectivity Patterns in fMRI Data of the Human Brain. PLOS ONE 5(4): e10232
- Maharani W, Gozali A.A. (2014) Degree centrality and eigenvector centrality in twitter. 8th International Conference on Telecommunication Systems Services and Applications (TSSA), pp. 1-5

- Mededovic E., Douros V. G. and Mähönen P. (2019) Node Centrality Metrics for Hotspots Analysis in Telecom Big Data. IEEE INFOCOM 2019 - IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), pp. 417-422
- Needham M., Hodler A.E.(2020) Graph Algorithms Pratical Examples in Apache Spark and Neo4j. Third Edition, O'REILLY
- Öztemiz F. ve Karcı A.(2020) AKADEMİK YAZARLARIN YAYINLARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN SOSYAL AĞ BENZERLİK YÖNTEMLERİ İLE TESPİT EDİLMESİ. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, c. 25, sayı. 1, ss. 591-608
- Pagerank Algorithm (2021) <https://neo4j.com/docs/graph-algorithms/current/algorithms/page-rank/>. Accessed 29 April 2021
- Yan E., Ding Y.(2011) Discovering author impact: A PageRank perspective. Information Processing & Management, Volume 47, Issue 1, Pages 125-134
- Zhao S, Zhao P, Cui Y (2017). A network centrality measure framework for analyzing urban traffic flow: A case study of Wuhan, China. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, Volume 478, pp:143-157