

## Evaluation of Smart City Determinants By The Fuzzy DEMATEL Method

Onur Derse <sup>a,1</sup>

<sup>a</sup> Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Tarsus University, 33400 Tarsus, Mersin, Türkiye  
ORCID ID: 0000-0002-4528-1999

### Abstract

Studies on smart cities are increasing rapidly today. Smart cities are structures that offer solutions to urban challenges with technological, sustainable, economic, and social approaches and focus on creating a more livable environment. In this study, first, the main components of smart cities were examined and then these main components were evaluated. Smart Governance, Smart Transportation and Mobility, Smart People, Smart Economy, Smart Energy, Smart Environment and Smart Living are discussed as the main components of smart cities. For the main components considered, it is aimed to reveal the relationship between the components that affect and are affected by each other and to reveal the importance of each component. In the study, the Fuzzy DEMATEL method is used, considering the existence of uncertain and fuzzy situations for the components considered. Factors for the development of smart cities were evaluated by obtaining the impact graphs of the components examined with the fuzzy DEMATEL method. When the results of the study are examined, it is seen that the Smart Living, Smart Energy, Smart Economy, and Smart Governance criteria are in the affecting factors group, and the Smart Environment, Smart Transportation and Mobility, and Smart People criteria are in the affected group. When the relationship levels are examined in order from most to least, it can be seen that they are Smart Governance, Smart Living, Smart Energy, Smart Economy, Smart People, Smart Environment, Smart Transportation and Mobility. When the importance levels are examined, the criteria from most to least are listed as Smart Governance, Smart Living, Smart Energy, Smart People, Smart Economy, Smart Environment and Smart Transportation and Mobility. Such analyses and approaches are of great importance in the process of developing smart cities and creating sustainable cities. The findings of the study are considered important in terms of guiding future research and contributing to the development of smart cities. Theoretically, it provides new information about how the components of smart cities interact and which components are more critical. In practice, it provides strategic information that can guide city managers and policymakers in urban planning and management.

**Keywords:** “Smart cities, smart city determinants, fuzzy DEMATEL.”

## 1. Giriş

Hızlı kentleşme yeni zorluklar ve sorunlar yaratır ve akıllı şehir konsepti bu zorlukların üstesinden gelmek, kentsel sorunları çözmek ve vatandaşlara daha iyi bir yaşam ortamı sağlamak için fırsatlar sunar [1]. Akıllı Şehir kavramı günümüzde önem kazanan yeni bir kavramdır ve bu nedenle çoğu araştırmacının ve şehir yetkilisinin dikkatini çekmiştir [2]. Akıllı şehirler, kentsel alanlardaki vatandaşlar için verimliliği, ekonomik kalkınmayı, sürdürülebilirliği ve yaşam kalitesini artırmak için teknoloji ve verileri kullanır [3]. Lai ve ark. [3] çalışmasında akıllı bir şehir gelişimi için günümüzde birçok uluslararası standart geliştirildiğine ve önceki standartlar için mevcut toplum ihtiyaçlarının karşılanmasının uygun hale getirilmesi için revize edildiğine değinilmektedir. Akıllı Şehir kavramı ile ilgili farklı tanımlamalar olmakla beraber European Commission [4]’a göre akıllı şehir tanımı “Sakinlerinin ve iş dünyasının yararına dijital çözümlerin kullanılmasıyla geleneksel ağ ve hizmetlerin daha verimli bir biçime getirildiği yer” olarak yapılmıştır. Chong ve ark. [5]’na göre ise akıllı şehir “altyapıların ve teknoloji aracılı hizmetlerin entegrasyonunun insan altyapısını güçlendirmek için sosyal öğrenme ve kurumsal gelişim ve vatandaş katılımı için yönetişimdir.” olarak tanımlanmıştır.

Akıllı şehirler, vatandaşlarının yaşam kalitesini, yerel ekonomiyi, ulaşımı, trafik yönetimini, çevreyi ve hükümetle etkileşimi iyileştirmek için faaliyetlerde bulunur [6]. Yaşar ve ark. [7]’na göre ise akıllı şehirler teknolojiyi kullanarak oluşturulmuş unsurlar ile birlikte insanların yaşam standartlarının artırılmasını ve sürdürülebilir şehirler oluşturmasını sağlamaktadır. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı [8]’na göre ise Akıllı Şehirlerin amaçları aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Kentin beklentilerinin ve problemlerinin tüm mekânlarda ve sistemlerde önemli bir güç hâline getirilmesi,

<sup>1</sup> Corresponding Author  
E-mail Address: onurderse@tarsus.edu.tr

- Fiziksel, dijital ve sosyal planlamanın entegre olarak ele alınması,
- Meydana gelen zorlukların çevik, sürdürülebilir ve sistematik olarak öngörülmesi, tanımlanması ve karşılanması,
- Şehirdeki organizasyonel yapılarıdaki etkileşimi sağlayarak entegre hizmet sunumunun ve yenilik ortaya çıkarma potansiyelinin artırılması.

Akıllı Şehir fikirleri, dijital şehir, yeşil şehir, bilgi şehri gibi daha eski bazı kentsel politikaların birleşimidir. Bu nedenle Akıllı Şehir, çevre ayak izinin azaltılmasını ve insanlar için daha iyi bir hayat kalitesinin yaratılmasını amaç edinen daha iyi bir kentsel alan için karmaşık ve uzun vadeli vizyondur [9]. Akıllı şehirler hakkında son yıllarda yapılan birçok araştırma ve inceleme bulunmaktadır [3]. Alawadhi ve ark. [10] çalışmalarında, dört şehir ele alınarak akıllı şehir girişimlerinden sorumlu hükümet yetkilileri ve yöneticilerle yapılan yarı yapılandırılmış görüşmelere dayanan bir analizin ilk sonuçları sunulmaktadır. Çalışmada, akıllı şehir girişimlerine yönelik bir anlayış oluşturmak amaçlanmakta ve ana bulguların teknoloji, yönetim ve organizasyon, politika bağlamı, yönetim, insanlar ve topluluklar, ekonomi, yapılı altyapı ve doğal çevre dahil olmak üzere sekiz açıdan kategorize edildiği belirtilmektedir. Bakıcı ve ark. [11] çalışmalarında, Barselona'nın Akıllı Şehir yönetimi alanlarındaki dönüşümünü incelemektedir. Çalışmada, Barselona'nın Akıllı Şehir girişimiyle ilgili mevcut literatür ele alınır ve kentin Akıllı Şehir modeli ile örnek olay analizi sunulur. Çalışma sonucu, Barselona'nın dünya için bir Akıllı Şehir modeli olma amacıyla Akıllı Şehir stratejisini etkin bir şekilde uyguladığını belirtmektedir. Chong ve ark. [5] çalışmalarında, Teksas'ta vatandaş girdileri için bir toplama aracı olarak açık uçlu bir anket kullanarak şehri tanımlayan bazı adımlara odaklanmaktadır. Çalışma sonucunun akıllı şehir hedefine yönelik kapsamlı bir strateji tasarlamada yardımcı olma potansiyeline sahip olduğu belirtilmiştir. Braga ve ark. [12] çalışmasında, yöneticilerin akıllı şehir belirleyicilerini işbirlikçi bir şekilde analiz etmelerine yardımcı olabilecek Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemine dayanan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, uzman görüşü ile konuyla ilgili belirleyicileri ve bunların ilgili neden-sonuç ilişkilerini belirlemek ele alınmaktadır. De Marco ve Mangano [13] çalışmasında, akıllı şehirlerin evrim yollarını ve en son eğilimlerini yakalamak için Doğal Kaynaklar ve Enerji, Enerji, Ulaşım ve Mobilite, Binalar, Yaşam, Devlet, Ekonomi ve Toplum olmak üzere altı farklı alan ve bunlarla ilişkili alt alanları incelemiştir. İstatistiksel analizin sonuçlarının, akıllı şehir paradigmasının hala kapsamlı bir tanımlanmış evrim modeli olmadığını gösterdiğini belirtmektedir. Lim ve ark. [14] akıllı şehir gelişiminin hem olumlu hem de olumsuz sonuçlarına ilişkin ampirik kanıtlar bulmayı amaçlamaktadır. Freire ve ark. [15] çalışmasında, akıllı şehirler ve yapay zeka konusunu ele almaktadır. Çalışmada, akıllı şehir girişimlerinin yapay zekaya uyum sağlamasının zorluklarını ele almasına olanak tanıyan bir dinamik analiz sistemi geliştirilmiş ve test edilmiştir. DEMATEL yöntemi ele alınarak akıllı şehirlerin boyutları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Koca ve ark. [16] çalışmasında, birbirini etkileyen ve birbirinden karşılıklı olarak etkilenen boyut-alt boyut içsel ilişkisini ortaya çıkarmak için ve akıllı şehir boyutlarının ağırlıklarını belirlemek için DEMATEL yaklaşımı kullanılmıştır. Bu çalışmadaki amaç, gelişmekte olan bir kavram olarak akıllı şehir hakkındaki mevcut bilgi ve anlayışı yönlendirerek, her boyutun göreceli önemini vurgulamaktır. Göçmen [17] çalışmasında akıllı bir havalimanında ulaşım planlamasının sağlıklı yapılabilmesi için hangi standartların hedeflendiğini incelemekte ve akıllı bir lojistik bölgesi için bir yapı önermektedir. Vaz ve ark. [18] çalışmasında, akıllı şehir başarısını değerlendirmek için kullanılan kriterleri yapılandırabilecek bir yöntem ele almıştır. Çalışmada, akıllı şehirleri karmaşık bir çalışma nesnesi olarak kullanarak çeşitli bilişsel haritalar oluşturulmuş ve karşılaştırılmıştır. Yaşar ve ark. [7] çalışmasında, Ankara'nın yedi ilçesi dikkate alınmıştır. Çalışmada akıllı şehir kapsamı için ANP (Analytic Network Process - Analitik Ağ Süreci) ve PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) yöntemi kullanılmıştır. Çalışma amacı, akıllı şehir uygulamaları açısından seçilen yedi ilçenin sıralanmasıdır. Çalışmanın sonuç kısmında, akıllı şehir uygulamaları bakımından en uygun ilçenin Çankaya olduğu ortaya konmuştur.

Bu çalışmada, gelişen bir kavram olan akıllı şehir dikkate alınmaktadır. Çalışmadaki amaç akıllı şehir bileşenlerinin tespit edilmesi ve birbirini etkileyen ve birbirinden karşılıklı olarak etkilenen bileşenlerin ilişkisinin ortaya çıkarılmasını sağlama ve her bileşenin önem derecesini ortaya çıkarmaktır. Ele alınan bileşenler için belirsiz ve bulanık durumlarında varlığı dikkate alındığı için Bulanık DEMATEL metodu kullanılmaktadır. Gelişmekte olan akıllı şehir bileşenleri için kesin/belirli yargılara varmak mümkün olmadığı için kullanılan Bulanık DEMATEL yöntemi ile incelenen bileşenlerin etki grafları elde edilerek akıllı şehirlerin gelişimi için faktörler değerlendirilmiştir. Bulanık DEMATEL yönteminin kullanılmış olduğu akıllı şehirlerin incelendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bulanık DEMATEL yöntemi ile akıllı şehirleri ele alan bu çalışmanın gelecek çalışmalara destek olacağı ve akıllı şehirlerin gelişimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 2. Materyal ve Method

Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmektedir. İlk olarak akıllı şehirlerin bileşenleri incelenmiştir. Daha sonra incelenen bileşenlerin Bulanık DEMATEL yöntemi ile değerlendirilmesi yapılmıştır.

Braga ve ark. [12] çalışmalarında akıllı bileşenleri teknoloji, mobilite, insan, enerji, çevre, yönetim ve ekonomi olarak ele almıştır. Vanli ve Akan [19] çalışmalarında birçok farklı çalışmaya değinmekte ve akıllı bir şehre dönüşmek için hükümetler, işletmeler ve vatandaşlar arasında uygun yönetim ve işbirliği yoluyla yeterli teknolojik, fiziksel ve sosyal altyapı gerekliliğini vurgulamaktadır. Gil-Garcia ve ark. [20] çalışmasında akıllı şehirleri; çevre, teknoloji ve altyapı, ticaret ve ekonomi, insan ve

yönetim çerçevesinde dikkate almaktadır. Lim ve ark. [14] çalışmalarında akıllı şehirleri ekonomik, çevresel, sosyal, yönetim ve teknolojik bileşenler altında ele almıştır. Bu çalışmada da akıllı şehrin bileşenleri kapsamlı şekilde dikkate alınmış ve akıllı şehirlerin bileşenleri ve açıklamaları Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1. Akıllı şehirlerin ana bileşenleri.**

Akıllı Şehirlerin Bileşenleri	Belirlenen Bileşenlerin Açıklamaları	Referanslar
Akıllı Yönetişim	Siyasi katılım, vatandaş hizmetleri ve yönetim işlevleri ile ilgilidir.	[21]
Akıllı Ulaşım ve Mobilite	Bu alanlardaki girişimler, vatandaşlar üzerindeki olumsuz etkileri – gürültü kirliliği ve trafik sıkışıklığı gibi – azaltmak için tüm paydaşların koordine edildiği entegre sistemlerin geliştirilmesini teşvik eder.	[22]
Akıllı İnsan	Sadece vatandaşlar tarafından alınan nitelik veya eğitim düzeyiyle değil, aynı zamanda ek sosyal etkileşimler ve kamusal yaşam algılarıyla da ilgilidir.	[21]
Akıllı Ekonomi	Girişimcilik, yenilikçilik, esneklik, işgücü piyasasının üretkenliği, ticari markalar ve küresel pazara katılım gibi ekonomik rekabet gücünü çevreleyen özelliklerden oluşur.	[21]
Akıllı Enerji	Enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarıyla enerji ve maliyet tasarrufu sağlayan, kamusal değeri olan ve yenilikçi yaklaşımlarla ilgilidir.	[8]
Akıllı Çevre	Yeşil alan, azaltılmış kirlilik, kaynak yönetimi ve çevre korumasını sağlamak için çalışma gibi koşullarla ilgilidir.	[21]
Akıllı Yaşam	Sağlık, barınma, kültür, turizm ve güvenlikten oluşan yaşam kalitesinin birçok özelliğini içerir.	[21]

## 2.1. Bulanık DEMATEL Yöntemi

DEMATEL yöntemi, birbirine geçmiş ve karmaşık problemlerin kavrayışını geliştirmek ve çözmek amacıyla Fontela ve Gabus [23] tarafından geliştirilmiştir. DEMATEL yöntemi, ilgili faktörleri neden grubu ve etki grubu olarak ayırabilen digraflara dayanmaktadır ve birçok farklı alanda da kullanım alanı bulmuştur [24 – 26]. Digraflar ile yönlendirilmiş grafikler elde edilebilir ve alt sistemlerin yönlendirilmiş ilişkiler gösterilebilir [27].

DEMATEL yöntemini uygulamak için Fontela ve Gabus [23] tarafından geliştirilen adımlar aşağıda belirtildiği gibidir.

- Adım 1: Direkt ilişki matrisinin ikili karşılaştırma ölçeğinin oluşturulması.
- Adım 2: Direkt ilişki matrisinin normalleştirilmesi.
- Adım 3: Toplam ilişki matrisinin elde edilmesi.
- Adım 4. Satır toplamalarının ve sütun toplamalarının elde edilmesi ve neden – sonuç diyagramının oluşturulması.
- Adım 5. Ele alınan faktörlerin önem derecelerinin belirlenmesi.

Belirtilen adımları belirsiz durumlarda uygulamak çok zordur. Bu nedenle bu çalışmada Bulanık DEMATEL yöntemi uygulanmıştır. Bulanık DEMATEL adımları için Organ [28]’ın çalışmasında Öztürk [29], Baykasoğlu ve ark. [30] ve Aksakal ve Dağdeviren [31] çalışmalarından dikkate alarak oluşturduğu ve düzenlediği adımlar dikkate alınmıştır. Adımların detayları devam eden başlıklar altında açıklanmaktadır.

### 2.1.1. Adım 1: Kriterlerin Belirlenmesi ve Bulanık Sayı Skalasının Oluşturulması

Etki faktörlerinin belirlenebilmesi için faktörler arasındaki ilişkilerin uzmanlar tarafından oluşturulması gerekmektedir. Bazı durumlarda ilişki düzeyini belirlemek oldukça zor olabilir bu nedenle sayıların bulanıklaştırılması önerilmektedir. Bu adımda, Adım 1 için Bulanık DEMATEL yönteminde bulanık skala olarak Tablo 2’deki [32] bulanık sayı ölçeği dikkate alınır.

**Tablo 2. Etki seviyelerinin bulanık sayı ölçeği [32].**

Etki Seviyesi	Etki Puanı	Bulanık Sayı Karşılığı
Etki yok	0	(0; 0,1; 0,3)
Çok düşük etki	1	(0,1; 0,3; 0,5)
Düşük etki	2	(0,3; 0,5; 0,7)
Yüksek etki	3	(0,5; 0,7; 0,9)
Çok yüksek etki	4	(0,7; 0,9; 1)

### 2.1.2. Adım 2: Direkt İlişki Matrisinin Oluşturulması

$\tilde{z}_{ij}$  bulanık direk ilişki matrisi olarak ifade edilir.  $\tilde{z}_{ij} = (l_{ij}, n_{ij}, u_{ij})$  üçgensel bulanık sayıları ifade eder ve i. faktörün j. faktörü etkileme düzeyinin bulanık sayılarla gösterilmesidir.

### 2.1.3. Adım 3: Direkt İlişki Matrisinin Normalleştirilmesi

$$x_{ij}^k = \frac{z_{ij}^k}{r^k} = \left\{ \frac{l_{ij}^k}{r^k}, \frac{n_{ij}^k}{r^k}, \frac{u_{ij}^k}{r^k} \right\} \quad (1)$$

$$r^k = \max_{1 < i < n} \left( \sum_{j=1}^n u_{ik}^k \right) \quad (2)$$

Eşitlik 1'deki  $\{l, n, u\}$  üçgensel bulanık sayıları ifade eder ve Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'nin kullanılmasıyla normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi oluşturulur. Eşitlik 2'nin kullanılmasıyla tüm sütundaki "u" değerleri toplanır ve her sütun için bir değer bulunur, bulunan en büyük değer "r" olarak ifade edilir. Tüm matrisin "r" değerine bölünmesiyle normalleştirilmiş direkt ilişki matrisi oluşturulur ve bu matrisin gösterimi Eşitlik 3'deki gibi bir.

$$X = \begin{bmatrix} X_{11} & \cdots & X_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & \cdots & X_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

### 2.1.4. Adım 4: Toplam İlişki Matrisinin Elde Edilmesi

Normalleştirilmiş ilişki matrisinin eldesinden sonra her bir bulanık eleman kendi kümesindeki elemanlarla toplanır ve birim matristen çıkarma işlemi uygulanır. Daha sonra elde edilen matrisin tersi bulunur ve ilk matrisi ile çarpma işlemi uygulanır. Bu işlem sonucunda Eşitlik 4'deki gibi toplam ilişki matrisi oluşturulur.

$$T = \begin{bmatrix} T_{11} & \cdots & T_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ T_{n1} & \cdots & T_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

### 2.1.5. Adım 5: Satır Toplamlarının ve Sütun Toplamlarının Elde Edilmesi ve Neden-Sonuç Diyagramının Oluşturulması

Elde edinilen T matrisinden sonra satırların toplamı  $D_i$ , sütunların toplamı ise  $R_i$  olarak elde edilir. Her bir kriter için elde edilen  $D_i$  değerleri ve  $R_i$  değerleri kullanılarak  $D_i+R_i$  ve  $D_i-R_i$  değerleri hesaplanır.

$D_i-R_i$  değerleri hangi kriterlerin değerleri üzerinde daha yüksek etkiye sahip olduğunu ve daha yüksek önceliğe sahip olduklarını göstermektedir. Eğer bu değer pozitifse etkileyen negatifse etkilenen değerler olarak isimlendirilir.  $D_i+R_i$  değerleriyse her bir kriterin diğer kriterler ile ilişkisini ifade eder.  $D_i+R_i$  değeri yüksek olan kriterlerin düşük olanlara göre daha yüksek ilişki düzeyleri mevcuttur.

### 2.1.6. Adım 6: Durulaştırma

Bulunan  $D_i+R_i$  ve  $D_i-R_i$  değerleri üçgensel bulanık sayılardan türetildiği için üç değer içermektedir. Bu değerlerin tek bir değer haline getirebilmesi için durulaştırma yöntemi uygulanır. Durulaştırma işlemi her bir  $D_i+R_i$  ve  $D_i-R_i$  değeri için  $1/4*(1+2n+u)$  formülü yardımıyla uygulanır.

### 2.1.7. Adım 7: Etki Grafının Oluşturulması

Durulaştırma yöntemi sonucunda elde edilen değerlerle etki grafi çizilir ve analiz gerçekleştirilir. Etki grafi bir koordinat düzleminde yatay ekseninde  $D_i+R_i$  değerleri olan ve düşey ekseninde  $D_i-R_i$  değerleri olan noktalarının gösterilmesiyle elde edilir.

### 2.1.8. Adım 8: Ele Alınan Faktörlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi

Ele alınan kriterlerin ağırlık değerleri Eşitlik 5 ve Eşitlik 6 yardımıyla hesaplanır. Burada durulaştırma yapılmış değerler kullanılır.

$$\hat{w}_i = \sqrt{\{(D_i + R_i)^2 + (D_i - R_i)^2\}} \quad (5)$$

$$w_i = \frac{\hat{w}_i}{\sum_{i=1}^n \hat{w}_i} \quad (6)$$

### 3. Bulgular

Çalışmada ele alınan akıllı şehir bileşenleri Bulanık DEMATEL yöntemiyle değerlendirilmiştir. Tablo 3, direkt ilişki matrisini göstermektedir ve değerler uzman görüşü alınarak oluşturulmuştur. Uzmanlar 3 kişiden oluşmaktadır ve alanında uzman olan akademisyenlerin görüşleri alınarak oluşturulmuştur. Tablo 4 ise doğrudan ilişki matrisinin bulanıklaştırılması ifade etmektedir.

**Tablo 3. Direkt ilişki matrisi.**

Akıllı Şehir Bileşenleri	Akıllı Yönetişim	Akıllı Ulaşım ve Mobilite	Akıllı İnsan	Akıllı Ekonomi	Akıllı Enerji	Akıllı Çevre	Akıllı Yaşam
Akıllı Yönetişim	0	3	3	4	3	3	2
Akıllı Ulaşım ve Mobilite	2	0	2	1	2	1	3
Akıllı İnsan	4	2	0	2	1	2	2
Akıllı Ekonomi	4	2	3	0	3	2	2
Akıllı Enerji	2	3	3	3	0	4	2
Akıllı Çevre	2	2	3	2	3	0	2
Akıllı Yaşam	3	3	4	3	3	3	0

**Tablo 4. Direkt ilişki matrisinin bulanıklaştırılması.**

Bulanık semboller	Akıllı Yönetişim			Akıllı Ulaşım ve Mobilite			Akıllı İnsan			Akıllı Ekonomi			Akıllı Enerji			Akıllı Çevre			Akıllı Yaşam		
	l	n	u	l	n	u	l	n	u	l	n	u	l	n	u	l	n	u	l	n	u
Akıllı Yönetişim	0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7
Akıllı Ulaşım ve Mobilite	0,3	0,5	0,7	0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5	0,5	0,7	0,9
Akıllı İnsan	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
Akıllı Ekonomi	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
Akıllı Enerji	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0	0,1	0,3	0,7	0,9	1	0,3	0,5	0,7
Akıllı Çevre	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,7
Akıllı Yaşam	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,7	0,9	1	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,7	0,9	0	0,1	0,3

Direkt ilişki matrisinin bulanıklaştırılması adımından sonra matrisin normalleştirilmesi ve toplam ilişki matrisinin oluşturulması adımları uygulanmıştır. Elde edilen matrislerin satır toplamları  $D_i$  olarak ifade edilmekte, sütun toplamları ise  $R_i$  olarak ifade edilmekte ve  $D_i$  ve  $R_i$  değerleri Tablo 5'teki gibi elde edilmektedir.

**Tablo 5. Satırların ve sütunların toplamı.**

$D_i$ (satırlar toplamı)	$R_i$ (sütunlar toplamı)		
	l	n	u
0,943	2,323	11,168	0,895
0,536	1,637	8,836	0,769
0,656	1,839	9,381	0,944
0,839	2,149	10,511	0,771
0,874	2,207	10,768	0,763
0,708	1,927	9,902	0,769
1,002	2,421	11,556	0,647

Tablo 5'den sonra her bir  $i$  elemanının bulanık sayı kümesi dikkate alınarak Tablo 6'daki  $D_i+R_i$  ve Tablo 7'de  $D_i-R_i$  değerleri elde edilir.  $D_i+R_i$  değeri toplam etki değerini göstermekte  $D_i-R_i$  değeri ise etkilenme değerini göstermektedir. Tablo 6 ve Tablo 7'de bulunan  $D_i+R_i$  ve  $D_i-R_i$  değerlerinin hala üçgensel bulanık sayılarla temsil edildiği için bu değerlerin tek değeri indirilmesi  $1/4(1+2n+u)$  formülüyle uygulanır. Elde edilen değerler Tablo 6 ve Tablo 7'de gösterilmektedir.

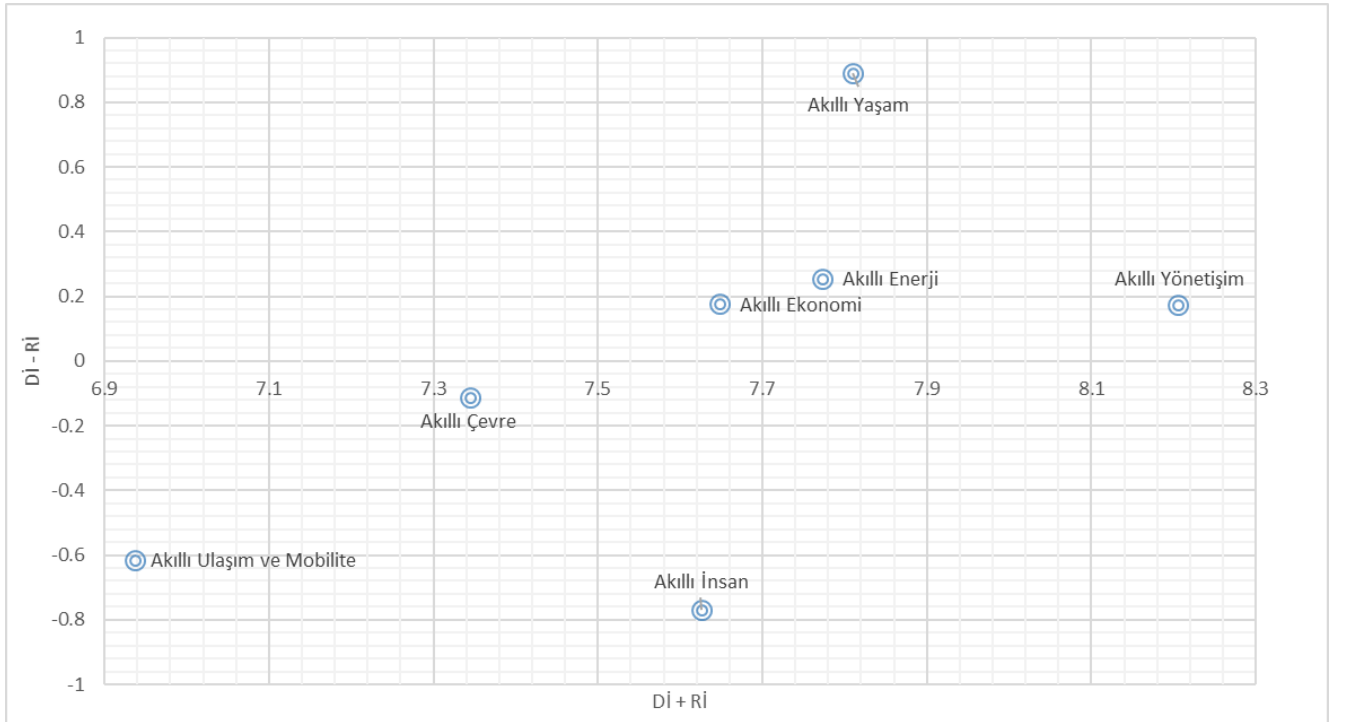
**Tablo 6.  $D_i+R_i$  değerleri.**

Bulanık Semboller	$D_i+R_i$ değerleri			
	l	n	u	$1/4(1+2n+u)$
Akıllı Yönetişim	1,838	4,568	21,848	8,2055
Akıllı Ulaşım ve Mobilite	1,305	3,664	19,117	6,9375
Akıllı İnsan	1,6	4,165	20,575	7,62625
Akıllı Ekonomi	1,61	4,185	20,609	7,64725
Akıllı Enerji	1,637	4,224	21,004	7,77225
Akıllı Çevre	1,477	3,954	19,994	7,34475
Akıllı Yaşam	1,649	4,246	21,097	7,8095

**Tablo 7.  $D_i-R_i$  değerleri.**

Bulanık Semboller	$D_i-R_i$ değerleri			
	l	n	u	$1/4(1+2n+u)$
Akıllı Yönetişim	0,048	0,078	0,488	0,173
Akıllı Ulaşım ve Mobilite	-0,233	-0,39	-1,445	-0,6145
Akıllı İnsan	-0,288	-0,487	-1,813	-0,76875
Akıllı Ekonomi	0,068	0,113	0,413	0,17675
Akıllı Enerji	0,111	0,19	0,532	0,25575
Akıllı Çevre	-0,061	-0,1	-0,19	-0,11275
Akıllı Yaşam	0,355	0,596	2,015	0,8905

Uygulanan adımlar sonucunda ele alınan kriterlerin neden sonuç diyagramı oluşturulur. Etki grafi Şekil 1'deki gibidir. Şekil 1'deki akıllı şehirlerin bileşenleri incelendiğinde Akıllı Yaşam, Akıllı Enerji, Akıllı Ekonomi ve Akıllı Yönetişim kriterleri etkileyen faktörler olarak elde edilmektedir. En çok etkileyen kriter ise Akıllı Yaşam kriteridir. Akıllı şehir bileşenlerinden etkilenen kriterler olarak Akıllı Çevre, Akıllı Ulaşım ve Mobilite ve Akıllı İnsan kriterleridir. İlişki değerleri incelendiğinde ise en yüksek ilişki düzeyine sahip olan kriterin Akıllı Yönetişim olduğu görülmektedir.

**Şekil 1. Akıllı şehir bileşenlerinin etki grafi.**

Uygulamanın son adımı olarak ise ağırlıklar elde edilmiştir. Elde edilen ağırlıklar Tablo 8'deki gibidir. Tabloya göre önem dereceleri yüksekten düşüğe sırasıyla Akıllı Yönetişim, Akıllı Yaşam, Akıllı Enerji, Akıllı İnsan, Akıllı Ekonomi, Akıllı Çevre ve Akıllı Ulaşım ve Mobilite'dir.

**Tablo 8. Akıllı şehirlerin bileşenlerinin ağırlıkları.**

Akıllı Şehir Bileşenleri	Ağırlıklar
Akıllı Yönetişim	0,164557
Akıllı Ulaşım ve Mobilite	0,118499
Akıllı İnsan	0,143525
Akıllı Ekonomi	0,142941
Akıllı Enerji	0,147733
Akıllı Çevre	0,131817
Akıllı Yaşam	0,150928

## 4. Sonuçlar

Kentleşmenin hızla artmasıyla birlikte, nüfus yoğunluğu ve araç yoğunluğu gibi çeşitli problemler ortaya çıkmaktadır. Bu problemler, hem bireylerin günlük yaşamlarını zorlaştırmakta hem de çevresel, ekonomik ve sosyal alanlarda olumsuz etkiler yaratmaktadır. Bu tür sorunların üstesinden gelmek için yenilikçi ve sürdürülebilir yaklaşımlar gerekmektedir. Bu bağlamda, akıllı şehirler konsepti önem kazanmaktadır. Akıllı şehirler, çeşitli teknolojik ve stratejik çözümlerle şehirlerin daha yaşanabilir, sürdürülebilir ve verimli hale getirilmesini hedefleyen karmaşık sistemlerdir. Bu çalışmada, akıllı şehirlerin bileşenlerinin belirlenmesi ve bu bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden biri olan DEMATEL yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, karar alma süreçlerindeki belirsizlik ve bulanıklıkları azaltmak amacıyla DEMATEL yöntemine bulanık küme teorisi entegre edilmiştir.

Uygulanan yöntem ve adımlar sonucunda, ele alınan kriterlerin etki grafları oluşturulmuştur. Bu etki grafları incelendiğinde, akıllı şehirlerin bileşenleri arasında Akıllı Yaşam, Akıllı Enerji, Akıllı Ekonomi ve Akıllı Yönetişim kriterlerinin etkileyen kriterler olduğu görülmektedir. Etki grafları incelendiğinde, etkilenen kriterler olarak ise Akıllı Çevre, Akıllı Ulaşım ve Mobilite ile Akıllı İnsan kriterleri elde edilmiştir. İlişki düzeyleri çoktan aza doğru sırasıyla incelendiğinde Akıllı Yönetişim, Akıllı Yaşam, Akıllı Enerji, Akıllı Ekonomi, Akıllı İnsan, Akıllı Çevre, Akıllı Ulaşım ve Mobilite olduğu görülmektedir. Ayrıca önem ağırlıkları da çoktan aza doğru sırasıyla incelendiğinde Akıllı Yönetişim, Akıllı Yaşam, Akıllı Enerji, Akıllı İnsan, Akıllı Ekonomi, Akıllı Çevre, Akıllı Ulaşım ve Mobilite olduğu görülmektedir.

Çalışmanın bulguları, gelecekte yapılacak araştırmalara yön vermesi ve akıllı şehirlerin gelişimine katkı sağlaması açısından önemli görülmektedir. Önerilen çalışma, akıllı şehir araştırmalarına teorik ve pratik anlamda önemli katkılar sunmaktadır. Teorik olarak, akıllı şehirlerin bileşenlerinin nasıl etkileştiği ve hangi bileşenlerin daha kritik olduğu konusunda yeni bilgiler sağlamaktadır. Pratik olarak ise, şehir yöneticilerine ve politika yapıcılara şehir planlaması ve yönetimi konularında yol gösterici olabilecek stratejik bilgiler sunmaktadır. Sonuç olarak, akıllı şehirlerin geliştirilmesi ve sürdürülebilir şehirler yaratılması sürecinde bu tür analizlerin ve yaklaşımların önemi büyüktür. Gelecek çalışmalarda farklı Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri ele alınarak önem dereceleri incelenebilir ve kıyaslanabilir. Ayrıca, her bir akıllı şehir bileşeni (Akıllı Yönetişim, Akıllı Yaşam, Akıllı Enerji, Akıllı İnsan, Akıllı Ekonomi, Akıllı Çevre, Akıllı Ulaşım ve Mobilite) detaylandırılarak alt boyutlarda daha detaylı incelemeler ve etki düzeyleri ölçülebilir.

## Kaynaklar

- [1] C. Yin, Z. Xiong, H. Chen, J. Wang, D. Cooper, and B. David, "A literature survey on smart cities," *Science China Information Sciences*, v. 58, no 10, pp. 1-18, 2015.
- [2] A. Camero, and E. Alba, "Smart city and information technology: A review", *Cities*, v. 93, pp. 84-94, 2019.
- [3] C. S. Lai, Y. Jia, Z. Dong, D. Wang, Y. Tao, Q. H. Lai, R. T. K. Wong, A. F. Zobaa, R. Wu, and L. L. Lai, "A review of technical standards for smart cities," *Clean Technologies*, v. 2, no 3, pp. 290-310, 2020.
- [4] European Commission. Accessed date: 12 October 2022. Smart Cities. Available: [https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities\\_en](https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en).
- [5] M. Chong, A. Habib, N. Evangelopoulos, and H. W. Park, "Dynamic capabilities of a smart city: An innovative approach to discovering urban problems and solutions," *Government Information Quarterly*, v. 35, no 4, pp. 682-692, 2018.
- [6] E. Ismagilova, L. Hughes, Y. K. Dwivedi, and K. R. Raman, "Smart cities: Advances in research—An information systems perspective", *International Journal of Information Management*, v. 47, pp. 88-100, 2019.
- [7] S. Yaşar, Z. Poyraz, R. Yumuşak, and T. Eren, "ANP ve PROMETHEE yöntemleri ile akıllı şehir analizi: Ankara'da bir uygulama", *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, v. 8, no 1, pp. 15-28, 2022.
- [8] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. "2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Stratejisi ve Eylem Planı", Erişim Tarihi: 02.03.2024. Link: <https://www.akillisehirler.gov.tr/wp-content/uploads/EylemPlanı.pdf>.
- [9] C. Benevolo, R. P. Dameri, and B. D'auria, "Smart mobility in smart city", *Empowering Organizations*, Springer, Cham, pp. 13-28, 2016.
- [10] S. Alawadhi, A. Aldama-Nalda, H. Chourabi, J. R. Gil-Garcia, S. Leung, S. Mellouli, T. Nam, T. A. Pardo, H. J. Scholl, and S. Walker, "Building understanding of smart city initiatives. In International conference on electronic government", Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 40-53, 2012.

- [11] T. Bakıcı, E. Almirall, and J. Wareham, "A smart city initiative: the case of Barcelona", *Journal Of The Knowledge Economy*, v. 4, no 2, pp. 135-148, 2013.
- [12] I. F. Braga, F. A. Ferreira, J. J. Ferreira, R. J. Correia, L. F. Pereira, and P. F. Falcão, "A DEMATEL analysis of smart city determinants", *Technology in Society*, v. 66, no 101687, 2021.
- [13] A. De Marco, and G. Mangano, "Evolutionary trends in smart city initiatives", *Sustainable Futures*, v. 3, no 100052, 2021.
- [14] Y. Lim, J. Edelenbos, and A. Gianoli, "What is the impact of smart city development? Empirical evidence from a smart city impact index", *Urban Governance*, v. 4, no 1, pp. 47-55, 2024.
- [15] C. A. Freire, F. A. Ferreira, E. G. Carayannis, and J. J. Ferreira, "Artificial intelligence and smart cities: A DEMATEL approach to adaptation challenges and initiatives", *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2021.
- [16] G. Koca, O. Egilmez, and O. Akcakaya, "Evaluation of the smart city: Applying the dematel technique", *Telematics and Informatics*, v. 62, no 101625, 2021.
- [17] E. Göçmen, "Smart airport: Evaluation of performance standards and technologies for a smart logistics zone", *Transportation Research Record*, v. 2675, no 7, pp. 480-490, 2021.
- [18] A. L. A. Vaz, F. A. Ferreira, L. F. Pereira, R. J. Correia, and A. Banaitis, "Strategic visualization: the (real) usefulness of cognitive mapping in smart city conceptualization", *Management Decision*, v. 60, no 4, pp. 916-939, 2021.
- [19] T. Vanli, and T. Akan, "Mapping synergies and trade-offs between smart city dimensions: A network analysis", *Cities*, v. 142, no 104527, 2023.
- [20] J. R. Gil-Garcia, T. Chen, and M. Gasco-Hernandez, "Smart city results and sustainability: current progress and emergent opportunities for future research", *Sustainability*, v. 15, no 10, pp. 8082, 2023.
- [21] R. Giffinger, C. Fertner, H. Kramar, R. Kalasek, N. Pichler-Milanovic, and E. Meijers, "Smart cities – ranking of european medium-sized cities, research report", Accessed date: 02.03.2024. Available: Vienna University of Technology, Vienna, Austri, [https://www.smart-cities.eu/download/smart\\_cities\\_final\\_report.pdf](https://www.smart-cities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf)
- [22] A. C. Cagliano, A. Carlin, G. Mangano, and C. Rafele, "Analyzing the diffusion of eco-friendly vans for urban freight distribution", *The International Journal of Logistics Management*, v. 28, no 4, pp. 1218-1242, 2017.
- [23] E. Fontela, and A. Gabus, "The DEMATEL observer, DEMATEL 1976 report", Switzerland Geneva: Battelle Geneva Research Center, 1976.
- [24] O. Derse, "DEMATEL tabanlı TOPSIS yöntemi ve küme kapsama modeli ile afet lojistiği için depo yeri seçimi: Ege bölgesi örneği", *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, v. 25, no 4, pp. 702-713, 2022.
- [25] O. Derse, "CO2 capture, utilization, and storage (CCUS) storage site selection using DEMATEL-based Grey Relational Analysis and evaluation of carbon emissions with the ARIMA method", *Environmental Science and Pollution Research*, v. 30, no 6, pp. 14353-14364, 2023.
- [26] O. Derse, "Prioritizing solutions of green reverse logistics barriers with Fuzzy DEMATEL–FUCOM–SWARA methods", *Ecological Indicators*, v. 165, no 112198, 2024.
- [27] W. W. Wu, and Y. T. Lee, "Developing global managers' competencies using the fuzzy DEMATEL method", *Expert Systems with Applications*, v. 32, no 2, pp. 499-507, 2007.
- [28] A. Organ, "Bulanık Dematel yöntemiyle makine seçimini etkileyen kriterlerin değerlendirilmesi," *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, v. 22, no 1, pp. 157-172, 2013.
- [29] O. Öztürk, "Türkiye karayollarında trafik kazalarının nedeni ve bu kazaların analizi", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü [Yüksek lisans tezi, Dn. BORAN K.]*, Ankara, page 106, 2009.
- [30] A. Baykasoğlu, V. Kaplanoğlu, Z. D. Durmuşoğlu, and C. Şahin, "Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection", *Expert Systems with Applications*, v. 40, no 3, pp. 899-907, 2013.



- [31] E. Aksakal, and M. Dağdeviren, “ANP ve DEMATEL yöntemleri ile personel seçimi problemine bütünleşik bir yaklaşım”, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, v. 25, no 4, 2010.
- [32] R. J. Lin, “Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices”, Journal of Cleaner Production, v. 40, pp. 32-39, 2013.