



# Optimal Trafik Denetim Stratejilerinin Belirlenmesinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları

## Multi-Criteria Decision Making Approaches in Determining Optimal Traffic Control Strategies

Buket Nur KILIÇ<sup>1</sup> , Ömer ASAL<sup>2</sup> 

### Öz

Trafik denetim stratejileri, trafik sıklığının azaltılması, ortalama seyahat süresinin azaltılması ve kazaların önlenmesi gibi konularda etkili çözümler sunarak trafik verimliliğini artırmayı hedeflemektedir. Trafik durumunun analiz edilmesi, trafik modellemesi, trafik sinyalizasyon sistemleri, trafik işaretlemeleri ve teknolojik çözümler gibi faktörlerin bir arada kullanılmasıyla en uygun stratejiler belirlenebilmektedir. Çalışmanın amacı; karar destek sistemlerini geliştirmek ve trafik denetim stratejilerinin uygulanması için karar vericilere yardımcı olacak araçlar sağlamaktır. Çalışmanın tezi; çok kriterli karar verme yaklaşımlarının optimal trafik denetim stratejilerinin belirlenmesinde oldukça işlevsel olduğudur. Çok kriterli karar verme, tek bir faktör yerine birden fazla kriter ve hedefe dayalı olarak karar vermek için kullanılan sistematik bir yaklaşımdır. Çok kriterli karar verme, karar vericilerin alternatifleri uygun bir ölçek kullanarak sıralamasına, ilgili tüm faktörlerin dikkate alınmasına ve mümkün olan en iyi seçimin yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu önemine karşın literatürde, çok kriterli karar verme yaklaşımlarının trafik denetim stratejilerine etkisine dair yeterli çalışma olmadığı görülmektedir. Trafik olgusunun karmaşık yapısı ve trafiğin insan hayatı için önemi düşünüldüğünde bu konuda yapılacak olan akademik çalışmalara duyulan ihtiyaç oldukça fazladır. Bu çalışmada optimal trafik denetim stratejilerinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yaklaşımlarının rolü incelenmiştir. Çalışmada nitel metot kullanılmıştır. Öncelikle konu hakkında literatür taraması yapılmış olup önceki çalışmalardan hareketle, mevcut boşluklar belirlenmiştir. Ardından optimal trafik denetim stratejileri ve trafik denetim stratejilerinde kullanılan çok kriterli karar verme yaklaşımları açıklanmıştır. Bu teorik temelden sonra kalitatif ilişkisel analiz ile optimal trafik denetim stratejilerinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yaklaşımları değerlendirilmiş ve bazı örnek modeller uygulanmıştır. Çalışmada bu stratejilerin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yaklaşımlarının büyük yararlılık sağladığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Trafik, Denetim, Optimizasyon, Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları, Strateji

### ABSTRACT

Traffic control strategies aim to increase traffic efficiency by providing effective solutions to issues such as reducing traffic congestion, reducing the average travel time and preventing accidents. The most appropriate strategies can be determined by using factors such as analyzing the traffic situation, traffic modeling, traffic signaling systems, traffic markings and technological solutions Decoupled together. It is seen that multi-criteria decision-making approaches provide great usefulness in determining these strategies. Multi-criteria decision-making is a systematic approach used to make decisions based on multiple criteria and goals instead of a single factor. Multi-criteria decision-making allows decision-makers to sort alternatives using an appropriate scale, take into account all relevant factors and make the best possible choice. Despite this importance, it is observed that there are not enough studies in the literature on the effect of multi-criteria decision-making approaches on traffic control strategies. Considering the complex nature of the traffic phenomenon and the importance of traffic for human life, the need for academic studies to be conducted on this issue is quite high. In this study, the role of multi-criteria

<sup>1</sup> Corresponding Author: Buket Nur KILIÇ, [buketnurcaliskan@gmail.com](mailto:buketnurcaliskan@gmail.com), 0000-0001-7219-8499

<sup>2</sup> Doç.DR.Ömer ASAL, [omerasal@gazi.edu.tr](mailto:omerasal@gazi.edu.tr), 0000-0002-6339-9202



*decision-making approaches in determining optimal traffic control strategies will be examined. Qualitative methods will be used in the study. Firstly, a literature review will be conducted on the subject, and based on previous studies, existing gaps will be determined. Then, optimal traffic control strategies and multi-criteria decision-making approaches used in traffic control strategies will be explained. After this theoretical basis, multi-criteria decision-making approaches will be evaluated, some sample models will be applied in determining optimal traffic control strategies with qualitative relational analysis. The purpose of the study is to develop decision support systems and provide tools to assist decision makers in implementing traffic control strategies. The thesis of the study is that multi-criteria decision-making approaches are highly functional in determining optimal traffic control strategies.*

**Keywords:** Traffic, Audit, Optimization, Multi-Criteria Decision-Making Approaches, Strategy.

## GİRİŞ:

Günümüzde artan nüfus ve hızla gelişen teknoloji ile birlikte şehirlerdeki trafik sorunları daha karmaşık hale gelmiştir. Bu sorunlar, şehirlerin ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan sürdürülebilirliğini etkileyerek yaşam kalitesini düşürebilmektedir (Fidan, 2022, s. 190). Trafik denetimi, şehirlerin ulaşım sistemlerini optimize etmek ve trafik akışını iyileştirmek için büyük bir öneme sahiptir. Fakat trafik denetimi stratejilerinin belirlenmesi sürecinde çok sayıda değişkenin bir araya gelmesi, belirsizliklerin olması ve farklı paydaşların çeşitli çıkarlarının bulunması gibi zorluklarla karşılaşabilmektedir.

Çok kriterli karar verme, karar vericilerin alternatifleri uygun bir ölçek kullanarak sıralamasına, ilgili tüm faktörlerin dikkate alınmasına ve mümkün olan en iyi seçimin yapılmasına olanak tanımaktadır (Demir ve Kartal, 2020). Trafik kontrol stratejileri bağlamında çok kriterli karar verme, trafik akışını yönetmek, trafik sıkışıklığını azaltmak ve genel ulaşım verimliliğini artırmak için en etkili önlemlerin belirlenmesine yardımcı olabilmektedir. Bu yaklaşım, ilgili tüm paydaşların ihtiyaçlarının ve tercihlerinin dikkate alınmasını sağlayarak sonuçta daha etkili ve sürdürülebilir trafik yönetimi çözümlerine katkı sağlayabilir. Karar vericilerin kullanabileceği, her birinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunan çeşitli çok kriterli karar verme yaklaşımları mevcuttur. Bazı popüler yöntemler olarak; Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıra Tercihi Tekniği (TOPSIS), Çok Amaçlı Karar Verme (MODM) sıralanabilir. AHP, karmaşık kararları kriterler ve alt kriterler hiyerarşisine bölen, ikili karşılaştırmalara ve önem ağırlıklarının hesaplanmasına olanak tanıyan yapılandırılmış bir yöntemdir (Ayçin, 2019). TOPSIS, alternatifleri ideal çözüme yakınlıklarına ve en kötü çözüme olan uzaklıklarına göre sıralayan ve seçeneklerin net bir sıralamasını sağlayan bir yöntemdir (Demireli, 2010). MODM ise birbiriyle çelişen birden fazla hedefi aynı anda optimize etmeye odaklanan ve karar vericilerin çeşitli kriterler arasında bir denge bulmasına yardımcı olan bir tekniktir (Ecemiş ve Yaykaşlı, 2018). Bu ÇKKV (çok kriterli karar verme) yaklaşımlarının her biri, trafik kontrol stratejilerine uygulanarak, karar vericilerin kendi özel ihtiyaçlarına ve bağlamlarına göre en uygun yöntemi seçmelerine olanak tanımaktadır. Bu çalışmada da optimal trafik denetim stratejilerinin belirlenmesinde, çok kriterli karar verme yaklaşımlarının rolü incelenmiştir. Makalede öncelikli olarak literatür taraması yapılmıştır ve mevcut trafik denetimi stratejileri ile ilgili bilgiler sunulmuştur. Ardından, çok kriterli karar verme yöntemleri açıklanmış ve trafik denetimi stratejilerinin belirlenmesindeki rolleri üzerinde durulmuştur.

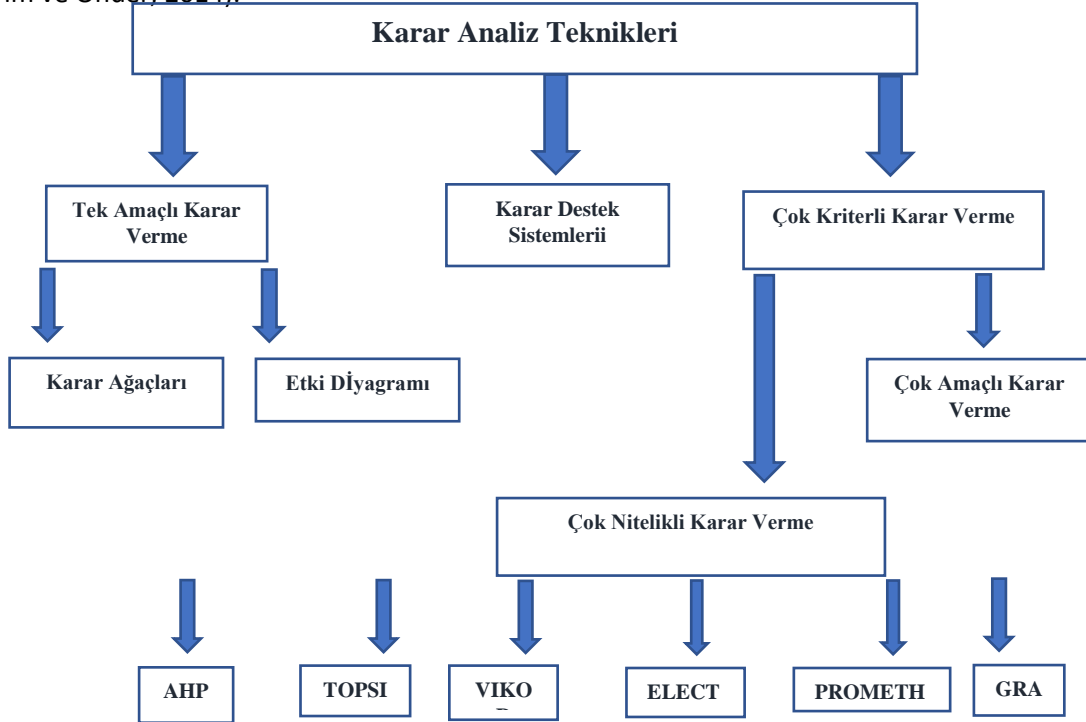
### 1. Optimal Trafik Kontrol Stratejilerini Belirleme Kriterleri

Trafik mühendisleri trafik sirkülasyonunu iyileştirmek ve trafik akışını daha düzenli hale getirmek amacıyla çeşitli kriterlerini gözeterek trafik kontrol stratejilerini belirlemektedir (Fidan, 2016). Bu kriterlerin ilki trafik akışının en yoğun olduğu noktaların belirlenmesidir. Bunun için öncelikle trafik yoğunluğu ölçümleri yapılmaktadır. Ölçümlerden elde edilen verilere göre en yoğun trafik noktaları belirlenmektedir. Bu noktalarda trafik kontrol önlemleri almak, trafik sıkışıklığını azaltmak ve trafik akışını iyileştirmek için önemli bir adımdır. İkinci kriter trafiği yönlendirmek için optimizasyon modelleri kullanmaktır. Optimizasyon modelleri, trafik akışını en etkili ve verimli hale getiren yol yönlendirmelerini belirlemek için kullanılmaktadır. Bu modeller, trafik yoğunluğu, araç bekleme süreleri, yol kapasitesi gibi faktörleri dikkate alarak trafik kontrol stratejilerini optimize

edebilmektedir (Bardakçı ve Göl, 2017). Üçüncü bir kriter, trafik ışıklarının senkronizasyonudur. Trafik ışıklarının senkronizasyonu, trafik akışını daha düzenli hale getirmek için kullanılan önemli bir stratejidir. Bu strateji bağlamında trafik akışını daha verimli hale getirmek için trafik ışıkları birbirine senkronize bir şekilde ayarlanmaktadır. Böylece trafik akışı daha düzenli ve kesintisiz bir şekilde ilerleyebilmektedir (Tekgöz, 2022). Dördüncü kriter trafik kontrollerinin gerçek zamanlı olarak uygulanmasıdır. Trafik kontrol stratejileri, trafik akışının anlık durumunu analiz ederek gerçek zamanlı olarak uygulanmalıdır. Böylece trafik sıklığına en hızlı şekilde müdahale edilebilmekte ve trafik akışı daha hızlı bir şekilde düzenlenebilmektedir. Beşinci kriter ise trafik kontrol stratejilerinin sürdürülebilirliğinin sağlanmasıdır. Trafik kontrol stratejileri, çevreye olan etkileri göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Örneğin, trafik akışını yönlendiren trafik ışıklarının enerji verimliliği sağlanması, sürdürülebilir bir trafik kontrol stratejisi olarak kabul edilmektedir (Gülsün ve Gonca, 2019).

## 2. Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları

Literatür incelendiğinde çok kriterli karar verme yaklaşımlarından AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci), AAS (Analitik Ağ Süreci), MAUT (Multi-Attribute Utility Theory ,Çok Nitelikli Fayda Teorisi), MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique, Çekiciliğin Kategorik Tabanlı Değerlendirme Tekniğiyle Ölçülmesi), PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment evaluation, Zenginleştirme Değerlendirmeleri İçin Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi), ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English, Eleme ve Gerçekliği İfade Eden Seçim) ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal, İdeal Çözümüne Benzerliğe Göre Tercih Sırası Tekniği)'in programlamada kullanılmaktadır. (Ishizaka ve Nemery, 2013; Yıldırım ve Önder, 2014).



Şekil 1. (Zhou vd., 2006).

MAUT veya Multi-Attributable Utility Theory, karar verme süreçlerinde kullanılan analitik bir yöntemdir. Bu teori, çoklu kriterli karar verme problemlerinde farklı amaçları ve tercihleri olan bireylerin tercihlerini nasıl dikkate alabileceğimizi anlamamıza yardımcı olmaktadır. MAUT'un temel

amacı, farklı seçeneklerin tercih edilebilirliğini değerlendirmek ve optimal bir karar vermeyi sağlamaktır. MAUT kullanırken, her bir niteliğin önem derecesi belirlenerek ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Niteliklere puanlar veya ağırlıklar atanarak her seçeneğin niteliklerine göre toplam faydası hesaplanabilmektedir. Bu hesaplama süreci, bireylerin tercihlerine dayanarak her bir seçeneği nihai olarak sıralamak için kullanılmaktadır. MAUT'un avantajlarından biri, çeşitli nitelikleri ve tercihleri olan bireylerin tercihlerini bir araya getirebilmesidir. Böylece, birden çok paydaşın tercihlerine uygun bir karar verme süreci sunmaktadır. Ayrıca, MAUT'un objektif bir analitik yöntem olması, duygusal veya önyargılı karar verme süreçlerine kıyasla daha güvenilir sonuçlar elde edilebilmesini sağlamaktadır. Bu da karar verme sürecinin etkinliğini artırabilmektedir. Ancak MAUT'un bazı zorlukları da vardır. Birincisi, her niteliğe ayrı bir ağırlık atamak gerektiğinden her bir değer bağımsız olarak değerlendirmesi gerekmektedir. İkincisi, MAUT, hesaplama süreci tarafından üretilen sonuçlara bağlıdır ve bu süreç hatalı veya eksik veri girişi nedeniyle yanıltıcı olabilmektedir. MAUT'un uygulanması aşaması şu adımlarda gerçekleştirilmektedir:

- Karar kriterlerinin ve alternatiflerinin belirlenmesi,
- Her kritere göreceli önemlerine göre ağırlıkların atanması,
- Her kriter kapsamında her alternatifin fayda değerlerinin tahmin edilmesi,
- Bireysel fayda değerleri toplanarak her alternatif için genel fayda değerlerinin hesaplanması,
- Alternatiflerin genel fayda değerlerine göre sıralanması ve en iyisinin seçilmesi.

AHP, bir grup veya bireyin önceliklerini dikkate alan, niteliksel ve niceliksel değişkenleri bir arada değerlendiren karmaşık, çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Mevcut birçok ÇKKV tekniğinden biri olan AHP, farklı ölçeklenebilirliğe sahip birden fazla kriter kullanarak "optimum" çözüme ulaşmayı amaçlamaktadır. Yöntem, ÇKKV problemlerinin çözümünde hem tek başına hem de farklı yöntemlerle kombinasyon halinde çeşitli çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Yılmaz, 1999). AHP yönteminin uygulanmasında birkaç adım yer almaktadır. İlk olarak, sonraki adımların temelini oluşturacak hiyerarşik bir yapı oluşturulmaktadır. Bu yapı, karar problemini hedefleyerek, kriterler, alt kriterler ve alternatifler gibi kurucu unsurlarına ayırarak temsil etmektedir. Daha sonra, göreceli önemlerini veya tercihlerini belirlemek için bu öğeler arasında ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. Bu karşılaştırmaların sonuçlarına dayanarak, her bir öğeye öncelikler atanarak bunlar daha sonra kararların güvenilirliğini sağlamak için bir tutarlılık oranı hesaplamak için kullanılmaktadır. Son olarak, karar vericilerin en uygun seçeneği seçmesine yardımcı olabilecek alternatiflerin genel bir sıralamasını elde etmek için öncelikler bir araya getirilmektedir. AHP, karar verme sürecini geliştirmek için TOPSIS gibi diğer ÇKKV yöntemleriyle birlikte kullanılabilir. Bu yaklaşımda AHP ile elde edilen ağırlıklar TOPSIS yöntemi ile birleştirilerek daha sonra her alternatifin ideal çözüme yakınlığı hesaplanmaktadır. Bu iki yöntemin entegrasyonu personel seçimi, yer seçimi ve tedarikçi seçimi gibi çeşitli alanlarda sıkça uygulanmaktadır (Dağdeviren vd. 2004: Adıgüzel, 2009). Bu kombinasyon ile karar vericiler, hem AHP'nin hem de TOPSIS'in güçlü yönlerinden yararlanarak daha kapsamlı bir analizden faydalanabilmektedir.

TOPSIS, farklı ölçeklenebilirliğe sahip birden fazla kriter kullanarak en uygun çözüme ulaşmayı amaçlayan popüler birçok kriterli karar verme yöntemidir. Bu yöntem, kıyaslanamazlığın hariç tutulduğu tek kriterli sentez yaklaşımı olarak kabul edilmektedir. TOPSIS, sunduğu avantajlar nedeniyle araştırmacılar tarafından işletme yönetimi ve günlük hayatla ilgili ÇKKV problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır. TOPSIS yönteminin temel faydalarından bazıları basitliği, kullanım kolaylığı ve hem nicel hem de nitel kriterleri ele alma yeteneğidir. TOPSIS yöntemi bir karara varmak için birkaç adım içermektedir. Bu adımlar şu şekildedir (Ustasüleyman, 2009; Orçun ve Eren, 2017).

- İlgili tüm verileri toplayarak bir karar matrisi oluşturmak,
- Kriterler arası karşılaştırılabilirliği sağlamak için karar matrisinin normalleştirilmesi,
- Her kritere ağırlık atayarak ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin hesaplanması
- Olumlu ve olumsuz ideal çözümlerin belirlenmesi,

- Her alternatif için ayırma önlemlerinin hesaplanması,
- Alternatiflerin ideal çözüme yakınlığına göre sıralanması.

Bazı eleştirmenler TOPSIS yöntemindeki ağırlıklandırma sürecinin, kriterlerin önemine bağlı olduğundan subjektif olduğunu öne sürdüğünü belirtmek lazımdır. Bu subjektif yön, karar verme aşamasında potansiyel önyargılara yol açabilmektedir. TOPSIS yönteminin sınırlamalarını şu şekilde sıralamak mümkündür (Akyüz vd., 2011).

- Karar vermede yanlılığa yol açabilecek ağırlıklandırma sürecinin subjektif doğası,
- Farklı normalleştirme teknikleri kullanıldığında farklı sonuçlar elde etme potansiyeli,
- Belirsizliğin veya kesin olmayan verilerin ele alınamaması,

Bununla birlikte, TOPSIS yönteminin savunucuları, basitliğinin, kullanım kolaylığının ve çeşitli kriter türlerini ele alma yeteneğinin bu eksikliklere ağır bastığını ileri sürmektedir (Öndeş vd., 2020). Sonuçta TOPSIS yönteminin belirli bir durumda kullanılıp kullanılmayacağı seçimi karar vericinin özel ihtiyaçlarına ve tercihlerine bağlı olacağından duruma özel değerlendirmenin önemli olduğunu belirtmek yanlış olmayacaktır.

ELECTRE, karmaşık karar verme problemlerini çözmek için çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme yöntemidir. ELECTRE, karar vericilerin tercihlerini ve önceliklerini dikkate alarak birden fazla kritere dayalı olarak en iyi alternatifi seçmelerine yardımcı olmak üzere tasarlanmıştır. Bu yöntem, çeşitli karar verme durumlarını ele almadaki etkinliğini gösteren çok sayıda araştırma çalışmasında kullanılmıştır. ELECTRE yöntemi karar vericilere alternatifleri değerlendirme ve sıralama sürecinde rehberlik eden birkaç adımdan oluşmaktadır. Karar vericiler bu adımları takip ederek alternatifleri sistematik olarak analiz edebilmekte ve hedefleri ve tercihleriyle uyumlu, iyi bilgilendirilmiş seçimler yapabilmektedir. Bu adımlar şunlardır: (Ömürbek, ve Mercan, 2014).

- Karar probleminin tanımlanması ve ilgili kriterlerin belirlenmesi,
- Kriterlere önemlerine göre ağırlık verilmesi,
- Her alternatif çifti için uyum ve uyumsuzluk indekslerinin hesaplanması,
- Alternatifler arasında üstünlük ilişkilerinin kurulması,
- Üstünlük ilişkilerine dayalı olarak alternatiflerin nihai sıralamasının belirlenmesi.

PROMETHEE yöntemi, çok kriterli karar verme alanında köklü bir yaklaşımdır. PROMETHEE, tesisler için en uygun fabrika yerlerinin belirlenmesi örneği görülmüştür. PROMETHEE yöntemi uygulanırken birkaç temel adımın takip edilmesi gerekmektedir. Bu adımlar, karar vericilerin, tercihlerini ve önceliklerini dikkate alırken birden fazla kritere dayalı olarak alternatifleri sistematik olarak değerlendirmesine ve sıralamasına olanak tanımaktadır. Bu adımlar şunlardır (Genç, 2013).

- Sorunun tanımlanması ve değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi,
- Her kriterin ağırlığının belirlenmesi,
- Her kriter için tercih fonksiyonunun hesaplanması,
- Küresel tercih endeksinin hesaplanması,
- Alternatiflerin küresel tercih endeksinde göre sıralanması.

PROMETHEE yönteminin başlıca avantajlarından biri karar vericilerin değerlendirme kriterleri açısından tercihlerini ifade edebilmelerine olanak sağlamasıdır. Bu esneklik, mevcut birçok ÇKKV yönteminde bulunan yalnızca ideal pozitif ve ideal negatif çözümlere dayanmak yerine, karar vermede daha kişiselleştirilmiş ve özelleştirilmiş bir yaklaşıma olanak tanımaktadır (Şenkayas ve Hekimoğlu, 2013).

Karar verme deneme ve değerlendirme laboratuvarı (DEMATEL), ilgili şirketlerin performanslarını analiz etmek ve bilinçli kararlar vermek için kullanılan çok kriterli karar verme yöntemidir. ÇKKV teknikleri, çeşitli alanlarda uygulanabilirliği ve karmaşık karar verme problemlerine etkili çözümler

sunması nedeniyle ön plana çıkmıştır. DEMATEL yöntemi, doğal taş sektörü, yapı kimyasalları sektörü ve çevresel performans değerlendirmesi gibi çok çeşitli endüstrilerde kullanılmaktadır (Aksakal ve Dağdeviren, 2010). DEMATEL yöntemi karar verme sürecini kolaylaştırmak için bir dizi adım içermektedir. Öncelikle bir problem tanımlanmakta ve karar kriterleri oluşturulmaktadır. Daha sonra kriterlerin göreceli önemini değerlendirmek için ikili karşılaştırmalar yapılarak, kriterler arasındaki ilişkileri temsil eden bir matris oluşturulmaktadır. Daha sonra matris, her bir kriterin diğerleri üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini belirlemek için analiz edilmekte ve sonuçta kriterlerin göreceli etkilerine göre sıralanması sağlanmaktadır. Bu sistematik yaklaşım, karar vericilerin kriterler arasındaki karmaşık ilişkileri kapsamlı bir şekilde anlamalarına ve bilinçli seçimler yapmalarına olanak tanımaktadır (Organ, 2013). DEMATEL, diğer ÇKKV yöntemleriyle karşılaştırıldığında çeşitli avantaj ve dezavantajlar sunmaktadır. DEMATEL kullanmanın temel faydalarından bazıları şunlardır (Özen ve Koçak, 2017).

- Kriterlerin yapılandırılmış ve organize bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanıyarak karmaşık ilişkilerin anlaşılmasını kolaylaştırmaktadır.
- Karar verme sürecindeki belirsizlikleri gidermek için tek başına veya Fuzzy DEMATEL-Fuzzy VIKOR gibi diğer ÇKKV teknikleriyle birlikte kullanılabilir.

Bu avantajlarının yanı sıra DEMATEL yöntemini kullanmanın bazı dezavantajları da vardır. Birçok ÇKKV yönteminde olduğu gibi DEMATEL, karar verme sürecine öznellik getirebilecek uzman görüşlerine ve yargılarına dayanmaktadır. Yöntem, ikili karşılaştırmalar ve matris analizleri gerçekleştirmek için oldukça fazla zaman gerektirdiğinden zamana duyarlı durumlarda bir dezavantaj olabilmektedir (Dursun, 2018).

### 3. Optimal Trafik Denetim Stratejilerinin Belirlenmesinde Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımlarının Rolü

Çok kriterli karar verme yaklaşımları, optimal trafik kontrol stratejilerinin belirlenmesinde etkili bir araç olabilir. Bu yaklaşımlar, birden fazla hedefin ve kısıtlamanın kullanıldığı karar verme problemlerini çözmek için kullanıldığından optimal trafik kontrol stratejilerinin belirlenmesi, trafik akışını iyileştirmek, trafik kazalarını azaltmak ve yolculuk sürelerini kısaltmak gibi hedeflere katkı sunabilmektedir. Örneğin, trafik sinyalizasyonu için optimal zamanlama stratejisi belirlenirken, trafik yoğunluğu, trafik kazalarının olasılığı ve yolculuk süreleri gibi farklı kriterler bir arada değerlendirilerek en iyi sonuca ulaşılabilir (Özarpa vd., 2021).

Optimum trafik kontrol stratejilerini belirlemenin bir diğer kritik yönü, ulaşım sistemlerinin çevre üzerindeki zararlı etkilerini en aza indirmeyi amaçlayan çevresel kriterlerin dikkate alınmasıdır. Hava kirliliğinin azaltılması, gürültü kirliliğinin azaltılması, enerji verimliliği, sera gazı emisyonlarının azaltılması, gibi süreçlerde çok kriterli karar verme süreçlerinin kullanılması ile karar vericiler, yalnızca güvenliği ve hareketliliği artırmakla kalmayıp aynı zamanda çevreye olumlu katkıda bulunan trafik kontrol stratejilerini de belirleyebilmektedir. Bu bütünsel yaklaşım hem mevcut hem de gelecek nesillere fayda sağlayan sürdürülebilir ulaşım sistemlerini de desteklemektedir (Dalbudak, 2022). Çok kriterli karar verme yaklaşımlarının kullanılması, kullanılan verilerin ve bilgi kaynaklarının doğru şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır. Trafik kontrol stratejileri için kullanılan verilerin yanı sıra trafik akışı modelleri, trafik hareketliliği tahminleri ve hava durumu gibi faktörler de dikkate alınarak kararlar verilebilir. Çok kriterli karar verme yaklaşımları, trafik kontrolünde karşılaşılan karmaşık ve çeşitli faktörlerin birleşimi nedeniyle oldukça kullanışlıdır. Örneğin, bir trafik sinyalizasyon sisteminin optimizasyonunda trafik yoğunluğu, trafik kazaları, gaz emisyonu ve enerji tüketimi gibi birden fazla kriter göz önünde bulundurulmalıdır. Çok kriterli karar verme yaklaşımları, bu farklı kriterleri bir arada değerlendirerek en iyisini seçme imkânı sağlayabilir (Özarpa vd., 2021).

Çok kriterli karar verme yaklaşımları, ulaşım sistemlerinin güvenliğini ve verimliliğini sağlamak için en uygun trafik kontrol stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu yaklaşımlarda dikkate alınan temel kriterlerden biri, karayolu altyapısının iyileştirilmesi, trafik kontrol önlemleri, trafik yasalarının teknolojik yöntemlerle uygulanması gibi çeşitli alt kriterleri kapsayan güvenlidir.

Karar vericiler, güvenlikle ilgili bu kriterlere odaklanarak kazaları en aza indirmek, can ve malları korumak ve tüm yol kullanıcılarının refahını sağlamak için en etkili trafik kontrol stratejilerini daha iyi belirleyebilmektedir (Dalbudak, 2022). Son olarak çok kriterli karar verme süreçlerinin trafik hareketliliği konusundaki etkisinden bahsetmek mümkündür. Bu kriterler, ulaşım sistemlerinin kullanıcıların ihtiyaçlarına etkili bir şekilde hizmet etmesini sağlayacak şekilde insanların ve malların verimli hareketine odaklandığında; trafik sıklığının azaltılması, seyahat süresi optimizasyonu, erişilebilirlik iyileştirmesi, toplu taşıma entegrasyonu gibi pek çok konuda fayda sağlayabilmektedir (Özarpa vd., 2021).

#### 4. Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları ile Trafik Stratejilerinin Belirlenmesinde Bazı Örnek Modellerin Geliştirilmesi

Optimum trafik stratejilerinin belirlenmesinde doğrudan çok kriterli karar verme yaklaşımlarının kullanıldığı ya da rolünün tartışıldığı bir çalışmaya rastlanmadığından çalışmanın bu kısmında konuya ilişkin bazı örnek uygulamalar sunulacaktır. Tüm yaklaşımlara dair model sunulmayacak olup konu hakkında yalnızca belirli bir bakış açısı sunacak kadar örnekle yetinilecektir. Bu örnekler, optimal trafik denetim stratejilerinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yaklaşımlarının rolü konusunu da somutlaştırmış olacaktır. Aynı zamanda bu kısımdaki örnekler sonraki çalışmalarla genişletilebilecek bir perspektif sunabilir.

##### 4.1 Trafik Stratejilerinin Belirlenmesi Amacıyla MAUT Kullanımı Örneği

Bir şehirdeki trafik sorunlarını azaltmak için "Toplu Taşıma İyileştirmeleri" ve "Trafik Kontrol Sistemleri" olarak iki farklı stratejinin değerlendirilmek istenildiği farzedilmektedir. MAUT ile bu stratejileri, maliyet, çevresel etki, toplu taşıma erişimi ve trafik sıklığı gibi kriterlere göre değerlendirmek gerekirse;

###### ➤ Kriter ve Alt Kriter Belirleme:

Maliyet (C): İşletme maliyetleri, altyapı maliyetleri

Çevresel Etki (E): Hava kalitesine etkisi, karbon emisyonları

Toplu Taşıma Erişimi (T): Yeni hatlar, sıklık, güzergahlar

Trafik Sıklığı (TS): İyileştirme etkisi, seyahat süreleri

###### ➤ Kriterlere Ağırlık Atama: (paydaşlarla yapılan görüşmeler sonucu belirlenebilir)

C: 0,3, E: 0,2, T: 0,4, TS: 0,1

###### ➤ Seçeneklerin Değerlendirilmesi:

Her bir strateji için, 1 ila 10 arasında değerlendirme yapıldığı durum için;

Toplu Taşıma İyileştirmeleri: C(6), E(8), T(7), TS(9)

Trafik Kontrol Sistemleri: C(8), E(5), T(6), TS(7)

###### ➤ Nitelikli Fayda Hesaplama:

Toplam nitelikli fayda hesaplamak için değerlendirmeleri ağırlıklarla çarptığımızda;

###### • Toplu Taşıma İyileştirmeleri:

$$0,3 \times 6 + 0,2 \times 8 + 0,4 \times 7 + 0,1 \times 9 = 7,1 \quad 0,3 \times 6 + 0,2 \times 8 + 0,4 \times 7 + 0,1 \times 9 = 7,1$$

###### • Trafik Kontrol Sistemleri:

$$0,3 \times 8 + 0,2 \times 5 + 0,4 \times 6 + 0,1 \times 7 = 6,3 \quad 0,3 \times 8 + 0,2 \times 5 + 0,4 \times 6 + 0,1 \times 7 = 6,3$$

- Karar Alma:

Toplam nitelikli faydaları karşılaştırılarak en yüksek fayda sağlayan strateji belirlendiğinde; "Toplu Taşıma İyileştirmeleri" nin toplam nitelikli faydasının daha yüksek olduğu görülmektedir (7,1 > 6,3). Bu sonuçlara dayanarak, "Toplu Taşıma İyileştirmeleri" stratejisinin trafik sorunlarını azaltmak için daha uygun olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

#### 4.2 Trafik Stratejilerinin Belirlenmesi Amacıyla Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Yöntemi Kullanımı Örneği

Kriterlerimizin "Finansal Maliyet (FM)", "Toplu Taşıma Erişimi (TTE)", "Çevresel Etki (CE)", ve "Trafik Akışını İyileştirme (TAİ)" olduğu farz edilmektedir.

- İlgili Faktörleri ve Kriterleri Belirleme:

Finansal Maliyet (FM): Toplu taşıma hizmetlerinin ve trafik kontrol sistemlerinin uygulanmasının maliyeti.

Toplu Taşıma Erişimi (TTE): Yeni hatlar, sıklık, güzergahlar gibi toplu taşıma sistemine erişim iyileştirmeleri.

Çevresel Etki (CE): Hava kalitesine olan etkiler, karbon emisyonları.

Trafik Akışını İyileştirme (TAİ): Trafik sıkışıklığını azaltma ve seyahat sürelerini kısaltma.

- İlgili Kriterlere Öncelik Verme:

FM / TTE: 3  
FM / CE: 2  
FM / TAİ: 4  
TTE / CE: 5  
TTE / TAİ: 3  
CE / TAİ: 2

Bu çiftlerden elde edilen öncelik oranları:

RFM/TTE : 1/3  
RFM/CE :1/2  
RFM/TAİ :1/4  
RTTE/CE: 1/5  
RTTE/TAİ: 1/3  
RCE/TAİ: ½

- Kriterlere Ağırlıklar Atama

Öncelik oranlarını kullanarak ağırlıklar belirlendiğinde;

WFM: 0,2  
WTTE: 0,29  
WCE: 0,18  
WTAİ: 0,33

- Stratejileri Değerlendirme

Her bir stratejiyi her bir kriter üzerinden değerlendirildiğinde (1 ila 9 arasında bir ölçekte):



- Toplu Taşıma İyileştirmeleri:

FM:6

TTE:8

CE: 7

TAİ:9

Trafik Kontrol Sistemleri:

FM: 8

TTE:5

CE: 6

TAİ:7

- Değerlendirmeleri Ağırlıklarla Çarpma

Her stratejinin her bir kriterdeki performansı ağırlıklarla çarpılırsa;

Toplu Taşıma İyileştirmeleri:  $0,2 \times 6 + 0,29 \times 8 + 0,18 \times 7 + 0,33 \times 9 = 7,44$

Trafik Kontrol Sistemleri:  $0,2 \times 8 + 0,29 \times 5 + 0,18 \times 6 + 0,33 \times 7 = 6,26$

Her stratejinin toplam ağırlıklı faydası olarak Toplu Taşıma İyileştirmeleri: 7,44, Trafik Kontrol Sistemleri: 6,26 olarak sonuç vermektedir.

Karar Alma: Toplam ağırlıklı faydası daha yüksek olan stratejinin seçilmesi gerektiğinden "Toplu Taşıma İyileştirmeleri" stratejisinin daha uygun olduğu sonucuna varılmaktadır.

#### 4.3 Trafik Stratejilerinin Belirlenmesi Amacıyla İdeal Çözümüne Benzerliğe Göre Tercih Sırası Tekniği (TOPSIS) Kullanımı Örneği

Kriterlerimizin "Finansal Maliyet (FM)", "Toplu Taşıma Erişimi (TTE)", "Çevresel Etki (CE)", ve "Trafik Akışını İyileştirme (TAİ)" olduğu farz edilmektedir.

##### 4.3.1. Normalize Edilmiş Karar Matrisini Oluşturma

Her bir kriter için stratejilerin performansı normalize edildiğinde (1 ila 9 arasında bir ölçekte):

Toplu Taşıma İyileştirmeleri:

FM: 6/8

TTE: 8/9

CE: 7/8

TAİ: 9/9

Trafik Kontrol Sistemleri:

FM: 8/8

TTE: 5/9

CE: 6/8

TAİ: 7/9

- İdeal ve Anti-ideal Çözümleri Bulma

İdeal Çözüm (A+):

FM: 1

TTE: 1

CE: 1

TAİ: 1

Anti-ideal Çözüm (A-):

FM: 0

TTE: 0

CE: 0

TAİ: 0

## ➤ İdeal ve Anti-ideal Çözüm Uzaklıkları Hesaplama

## • Toplu Taşıma İyileştirmeleri

$$d^+(A+) = \sqrt{(1-0)^2 + \left(\frac{8}{9} - 0.111\right)^2 + \left(\frac{7}{8} - 0.125\right)^2 + (1-0)^2}$$

$$d^-(A-) = \sqrt{(0-0)^2 + \left(\frac{5}{9} - 0\right)^2 + \left(\frac{6}{8} - 0\right)^2 + (0-0)^2}$$

## • Trafik Kontrol Sistemleri

$$d^+(A+) = \sqrt{(1-1)^2 + \left(\frac{5}{9} - 0.444\right)^2 + \left(\frac{6}{8} - 0.375\right)^2 + \left(\frac{7}{9} - 0.778\right)^2}$$

$$d^-(A-) = \sqrt{(0-0)^2 + \left(\frac{8}{9} - 0\right)^2 + \left(\frac{7}{8} - 0\right)^2 + (0-0)^2}$$

Performans skorlarına bakıldığında;

Toplu Taşıma İyileştirmeleri:

$$S^* = \frac{d^-(A-)}{d^+(A+) + d^-(A-)}$$

Trafik Kontrol Sistemleri:

$$S^* = \frac{d^-(A-)}{d^+(A+) + d^-(A-)}$$

Performans skorlarına göre sıralama yapılarak en yüksek skora sahip strateji seçilmelidir. Önceki hesaplamalara göre;

Toplu Taşıma İyileştirmeleri:  $S^* \approx 0.587$ Trafik Kontrol Sistemleri:  $S^* \approx 0.413$ 

Bu sonuçlara göre, TOPSIS yöntemine göre "Toplu Taşıma İyileştirmeleri" stratejisi daha uygun bir seçenek olarak öne çıkmaktadır.

**SONUÇ:**

Bu çalışmada optimal trafik denetim stratejilerinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yaklaşımlarının rolü incelenmiştir. Optimal trafik kontrol stratejilerinin belirlenmesi, güvenli, etkili ve sürdürülebilir bir trafik yönetimi için büyük bir öneme sahiptir. Bu stratejilerin, trafik yoğunluğu, seyahat süresi, hava kalitesi, yakıt tüketimi ve karbon ayak izi gibi çeşitli faktörleri içerdiği ölçüde etkili olabildikleri anlaşılmaktadır. Dolayısı ile ilgili stratejilerin belirlenmesinde tüm bunları göz önüne alan yaklaşımların tercih edilmesi gerekmektedir.

Çok kriterli karar verme yaklaşımları oldukça fazla sayıdadır ve her birinin birbirine karşı üstünlükleri ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu durum, hangi yöntemin kullanılması gerektiği ile alakalı olarak

karar verilmesi gerektiğinde, mevcut sorunun niteliğine göre karar verilmesi gerektiğini göstermektedir. Sorunun doğru tespiti ise etkili sonuçların alınması için kaçınılmaz bir gereklilik olarak görünmektedir. Çok kriterli karar verme yaklaşımlarına dair öne çıkan dezavantajlara bakıldığında şu tablo karşımıza çıkmıştır. MAUT yöntemi subjektif ağırlıklandırma süreci, veri belirsizliği ve değerlendirme sürecindeki etkileşimler gibi faktörler bakımından dezavantajlıdır. AHP'nin avantaj ve dezavantajları, kullanıldığı bağlam, problemin büyüklüğü ve karar verici grubunun özelliklerine bağlı olarak değişebilmekle birlikte öznellik, veri toplama sürecinin uzun ve karmaşık oluşu temel dezavantajlarıdır. TOPSIS, normalize edilmiş veri gereksinimine sahiptir. Bu gereklilik bazen veri hazırlığı aşamasını karmaşıklştırabilmektedir. ELECTRE, çift karşılaştırmaların hazırlanması ve kriter ağırlıklarının belirlenmesi bakımından zaman alıcı ve zorlu bir veri toplama süreci gerektirmektedir. PROMETHEE, küçük veri değişikliklerine oldukça duyarlı olduğundan bazı durumlarda karar sonuçlarının aşırı hassas olmasına ve küçük değişikliklere karşı büyük değişiklikler göstermesine neden olabilmektedir. DEMATEL ise analizde kullanılan ilişki ağırlıkları ve sınıflandırmalarının uzman görüşlerine dayanması bakımından sorunu ile karşı karşıyadır.

Trafik stratejilerinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması, en uygun trafik kontrol stratejilerinin belirlenmesinde oldukça değerli bir varlıktır. Bu yaklaşımlar, birden fazla amaç ve sınırlamayı içeren karar verme zorluklarını ele almak üzere özel olarak tasarlanmıştır; bu da onları trafik kontrol stratejilerini optimize etme, trafik akışını iyileştirme, kazaları en aza indirme ve seyahat sürelerini azaltma gibi hedeflere ulaşmada oldukça faydalı kılmaktadır.

En etkili trafik kontrol stratejilerini belirlerken ulaşımın çevreye olumsuz etkisini en aza indirmek için çevresel faktörlerin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Karar vericiler, çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak, yalnızca güvenliği ve hareketliliği artırmakla kalmayıp aynı zamanda olumlu çevresel etkiye sahip trafik kontrol stratejilerini belirleyebilirler. Bu stratejiler hava ve gürültü kirliliğinin azaltılmasını, enerji verimliliğinin artırılmasını ve sera gazı emisyonlarının azaltılmasını içermektedir. Bu kapsamlı yaklaşım, mevcut ve gelecek nesillere fayda sağlayan sürdürülebilir ulaşım sistemlerini desteklemektedir.

Çok kriterli karar verme metodolojilerinin kullanılmasıyla veri ve bilgi kaynaklarının doğru değerlendirilmesi sağlanmaktadır. Trafik kontrol stratejilerine ilişkin kararlar alınırken trafik akış modelleri, trafik hareketlilik tahminleri ve hava koşulları gibi çeşitli faktörler dikkate alınabilmektedir. Bu durum, çok kriterli karar verme yaklaşımlarının, trafik kontrolünde yer alan karmaşık ve çeşitli faktör kombinasyonlarının yönetilmesinde oldukça değerli kılmaktadır.

Çok kriterli karar verme yaklaşımları, kazaları en aza indirmek, can ve malları korumak ve tüm yol kullanıcılarının refahını sağlamak için en etkili trafik kontrol stratejilerini belirlemede oldukça büyük bir potansiyele sahiptir. İnsanların ve malların verimli şekilde hareketinin sağlanması, trafik sıkışıklığının azaltılması, seyahat süresi optimizasyonu, erişilebilirlik iyileştirmesi, toplu taşıma entegrasyonu gibi pek çok konuda etkili sonuçlar verilebilmektedir.

Bu çalışma şu önerileri sunmaktadır:

- Uzmanlar, trafik kontrol stratejilerini belirlemede kullanılacak çok kriterli karar verme yöntemini seçerken, problem bağlamını dikkate almalıdır. Her yöntemin avantajları ve dezavantajları, belirlenen hedeflere ve kısıtlamalara bağlı olarak değerlendirilmelidir.
- MAUT yönteminin subjektif ağırlıklandırma süreci nedeniyle ve AHP'nin öznellik ve uzun veri toplama süreçleri nedeniyle dezavantajlı olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumda, uzmanlar daha objektif ve güvenilir sonuçlar elde etmek için doğru veri toplama yöntemlerini kullanmalıdır.
- TOPSIS yönteminin normalize edilmiş veri gereksinimi belirtildiğinden bu yöntem kullanılırken veri hazırlığı aşamasını karmaşıklştırmamak adına dikkatli bir şekilde normalize edilmiş veri kullanımını değerlendirilmelidir.
- ELECTRE ve PROMETHEE'nin, zaman alıcı ve yoğun veri toplama süreçleri gerektirdiği anlaşıldığından bu yöntemler kullanılırken, zaman ve kaynak etkinliğini artırmak için ekstra otomasyon ve teknoloji kullanımı değerlendirilmelidir.

- Uzmanlar, trafik kontrol stratejilerini belirlerken sadece güvenlik ve hareketliliği değil, aynı zamanda çevresel etkileri en aza indirecek stratejilere odaklanmalıdır.
- Uzmanlar, sorunların çözümünde duruma özel, farklı çok kriterli karar verme yöntemlerini entegre etmeyi düşünmelidir. Her yöntemin güçlü yanlarını kullanarak daha kapsamlı ve sağlam bir karar alma süreci oluşturulabilir.

### **Etik Standart ile Uyumluluk**

**Çıkar Çatışması:** [TR] Yazar / yazarlar, kendileri ve / veya diğer üçüncü kişi ve kurumlarla çıkar çatışmasının olmadığını veya varsa bu çıkar çatışmasının nasıl oluştuğuna ve çözüleceğine ilişkin beyanlar ile yazar katkısı beyan formları makale süreç dosyalarına ıslak imzalı olarak eklenmiştir.

[EN] The author(s) declare that they do not have a conflict of interest with themselves and/or other third parties and institutions, or if so, how this conflict of interest arose and will be resolved, and author contribution declaration forms are added to the article process files with wet signatures.

**Etik Kurul İzni:** Bu makalede etik kurul iznine gerek yoktur, buna ilişkin ıslak imzalı etik kurul kararı gerekmediğine ilişkin onam formu sistem üzerindeki makale süreci dosyalarına eklenmiştir

### **KAYNAKÇA:**

- Adıgüzel, O. (2009). Personel Seçiminin Analitik Hiyerarşisi Prosesi Yöntemiyle Gerçekleştirilmesi. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, (24).
- Aksakal, E., & Dağdeviren, M.(2010). ANP ve DEMATEL Yöntemleri ile Personel Seçimi Problemine Bütünleşik Bir Yaklaşım. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(4).
- Akyüz, Y., Bozdoğan, T., & Hantekin, E.(2011). TOPSIS Yöntemiyle Finansal Performansın Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 13(1), 73-92.
- Ayçin, E. (2019). Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- Bardakci, K. C., & Aydın Göl, E. (2017). Trafik Ağlarını Bölüntüleyerek Formel Kontrol Stratejilerinin Üretilmesi.
- Beğenirbaş, M., Kurtay, K. G., Dağıstanlı, H. A. ve Altundaş, A. (2023). Savunma Tedarik Sürecinde Çalışanlarda Etkili Kriterlerin Önemlilik Düzeyinin Bulanık Dematel Yöntemleriyle Belirlenmesi. Savunma Bilimleri Dergisi, 2(43).
- Dağdeviren, M., Diyar, AKAY, & Mustafa, KURT (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Uygulaması. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(2).
- Dalbudak Eda (2022). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Üzerine Literatür İncelemesi. GAUNIIBFD,4(1).
- Demir, G., ve Kartal, M. (2020). Güncel Çok Kriterli Karar Verme teknikleri. Akademisyen Kitabevi.
- Demireli, E. (2010). TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Sistemi: Türkiye'deki Kamu Bankaları Üzerine Bir Uygulama. Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi, 5(1).
- Dinçer, S. E., ve Emre, EKİN (2022). Bilgi Teknolojileri Yatırım Projelerinin Risk ve Başarı Faktörlerinin Belirlenmesinde DEMATEL Yöntemiyle Çözüm Yaklaşımı. Eurasian Econometrics Statistics Empirical Economics Journal, 37-53.
- Dursun, M. (2018). Atık Su Yönetimi İçin Bütünleşik Bulanık Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 30(1), 209-217.

- Ecemiş, Ö. G. D. O., ve Yaykaşlı, Ö. G. M. (2018). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Sürdürülebilir Tedarikçi Seçimi ve Bir Uygulama. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6(83).
- Fidan Ahmet(2022). Kentiçi Ulaşımında Sürdürülebilir Modellerin Kent Dirençliliğine Etkisi. Çizgi Kitabevi, İstanbul.
- Fidan, A. (2016). Akıllı Trafik Sistemleri, İller ve Belediyeler Dergisi, 818(819).
- Genç Tolga, (2013). PROMETHEE yöntemi ve GAIA düzlemi. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15(1), 133-154.
- Gülsün, B., ve Gonca, C. K. (2019). Adaptif Trafik Yönetim Sistemleri. OHS ACADEMY, 2(1), 32-40.
- Mesiha, SAAT(2000). Çok Amaçlı Karar Vermede Bir Yaklaşım: Analitik Hiyerarşi Yöntemi. Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 2(2).
- Mustafa, SOBA(2012). Promethee Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi ve Bir Uygulama. Yaşar Üniversitesi E-Dergisi, 7(28).
- Organ, A. (2013). Bulanık Dematel Yöntemiyle Makine Seçimini Etkileyen Kriterlerin Değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 22(1), 157-172.
- Ömürbek, N., & Mercan, Y. (2014). İmalat Alt Sektörlerinin Finansal Performanslarının Topsis ve Electre Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 4(1), 237-266.
- Ömürbek, N., Üstündağ, S., ve Helvacıoğlu, Ö. C. (2013). Kuruluş Yeri Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) Kullanımı: Isparta Bölgesinde Bir Uygulama. Yönetim Bilimleri Dergisi, 11(21).
- Öndeş, T., Çalı, M. S., Aydın, S., & Ali, Muti. (2020). Türkiye’de Bulunan Ticari Bankalar İle Katılım Bankaları’nın Electre Yöntemi İle Performans Analizi. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 34(3), 689-710.
- Özarpa, C., Kınacı, B. F., & Avcı, İ. (2021). Kent İçi Akıllı Ulaşımında Karma Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Yeni Hat Kurulumunun Belirlenmesi. Kent Akademisi, 14(4).
- Özen, Y. D. Ö., & Koçak, A. (2017). Bulanık Analitik Hiyerarşi ve Bulanık Dematel Yöntemleri Kullanılarak Kurumsal Kaynak Planlaması Yazılım Seçimi ve Değerlendirilmesi. Yönetim ve Ekonomi Dergisi, 24(3), 929-957.
- Roy, B.(1991). The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. Theory and decision, 31.
- Şenkayas, H., & Hekimoğlu, H. (2013). Çok Kriterli Tedarikçi Seçimi Problemine PROMETHEE Yöntemi Uygulaması. Verimlilik Dergisi, (2), 63-80.
- Tekgöz, H., Kolukısa, N., & Karabatak, M. (2022). Trafik Işıklarının Optimum Planlaması İçin Çizge Tabanlı Çözüm Önerisi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 34(1), 15-23.
- Genç Tolga, (2013). PROMETHEE Yöntemi ve GAIA Düzlemi. Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15(1).
- Uslu, A., Kızıoğlu, K., İşleyen, S. K., ve Kahya, E. (2017). Okul Yeri Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemine Dayalı AHP-TOPSIS Yaklaşımı: Ankara İli Örneği. Politeknik Dergisi, 20(4).
- Ustasüleyman, T. (2009). Bankacılık Sektöründe Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi: Ahs-Topsis Yöntemi. Bankacılar Dergisi, 69, 33-43.
- Yılmaz, E. (1999). Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Çok Kriterli Karar Verme Problemlerinin Çözümü. DOA Dergisi, 5, 95-122.

Yücel, M., & Ulutaş, A. (2009). Çok Kriterli Karar Yöntemlerinden Electre Yöntemiyle Malatya'da Bir Kargo Firması İçin Yer Seçimi. Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi, 9(17), 327-344.

Zhou, P., Ang, B. W., Poh, K. L. (2006). Decision Analysis in Energy and Environmental Modeling: an Update. Energy, 31 (14).

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET:

### Çalışmanın Amacı:

Trafik denetim stratejileri, trafik sıklığının azaltılması, ortalama seyahat süresinin azaltılması ve kazaların önlenmesi gibi konularda etkili çözümler sunarak trafik verimliliğini artırmayı hedeflemektedir. Trafik durumunun analiz edilmesi, trafik modellemesi, trafik sinyalizasyon sistemleri, trafik işaretlemeleri ve teknolojik çözümler gibi faktörlerin bir arada kullanılmasıyla en uygun stratejiler belirlenebilmektedir. Çalışmanın amacı; karar destek sistemlerini geliştirmek ve trafik denetim stratejilerinin uygulanması için karar vericilere yardımcı olacak araçlar sağlamaktır. Bununla birlikte şu alt amaçlarda gözetilmiştir:

- Trafik Durumunun Analizi ve Modellemesi
- Trafik Sinyalizasyon Sistemlerinin Optimize Edilmesine Yönelik Fikir Sunulması,
- Trafik İşaretlemelerinin Güncellenmesi ve İyileştirilmesine Yönelik Fikir Sunulması,
- Teknolojik Çözümlerin Kullanımının Teşvik Edilmesi.
- Acil Durum ve Olağanüstü Trafik Senaryolarına Hazırlık Açısından Fikir Sunulması.

### Araştırma Soruları:

Bu çalışma, trafik denetim stratejilerinin belirlenmesi için çok kriterli karar verme yaklaşımlarının etkinliğinin değerlendirilmesinde aşağıdaki araştırma sorularına cevap aramaktadır

- Farklı çok kriterli karar verme yöntemlerinin trafik sıklığını azaltma, ortalama seyahat süresini kısaltma ve kazaları önleme gibi hedeflerle ne ölçüde uyumlu olduğunu belirlemek için hangi yöntemler kullanılabilir?
- Trafik denetim stratejilerinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılmasının, geleneksel yöntemlere kıyasla hangi avantajları ve dezavantajları vardır?
- Trafik akışını iyileştirmek için farklı trafik denetim stratejilerinin, kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerine göre etkinliğini karşılaştırmak için hangi ölçütler ve veri setleri kullanılabilir?
- Karar vericilerin tercihlerini ve değerlendirmelerini dikkate alarak, optimal trafik denetim stratejilerini belirlemek için hangi çok kriterli karar verme yaklaşımları en uygun ve güvenilir sonuçları sağlar?
- Trafik denetim stratejilerinin belirlenmesinde çok kriterli karar verme yaklaşımlarının gerçek dünya uygulamalarına nasıl entegre edilebileceğini ve bu yöntemlerin karar verme sürecini nasıl iyileştirebileceğini araştırmak için hangi yöntemler kullanılabilir?

### Literatür Araştırması:

Literatürde çok kriterli karar verme yaklaşımlarının trafik kontrol stratejilerine etkisi konusunda yeterli çalışmanın olmadığı görülmektedir. Trafik olgusunun karmaşık yapısı ve trafiğin insan hayatı için önemi göz önüne alındığında bu konuda yapılacak akademik çalışmalara ihtiyaç oldukça fazladır. Ayrıca literatür incelendiğinde çok kriterli karar verme yaklaşımlarından AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci), AAS (Analitik Ağ Süreci), MAUT (Multi-Attribute Utility Theory, Çok Nitelikli Fayda Teorisi), MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique, Çekiciliğin Kategorik Tabanlı Değerlendirme Tekniğiyle Ölçülmesi), PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment evaluation, Zenginleştirme Değerlendirmeleri İçin Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi), ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality English, Eleme ve Gerçekliği İfade Eden Seçim) ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal, İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Tercih Sırası Tekniği)'in çalışmalarına rastlanmıştır.

### Yöntem:

Çalışmada öncelikle ilgili literatür taranarak, daha önce yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Bu tarama, çok kriterli karar verme yöntemlerinden hangilerinin trafik denetim stratejilerinde kullanıldığını, hangi sonuçların elde edildiğini ve mevcut boşlukları belirlemenize yardımcı olmuştur. Ardından araştırma sorularına ve veri setine uygun olan çok kriterli karar verme yöntemleri belirlenerek alternatif trafik denetim stratejileri simüle edilmiştir. değerlendirin. Burada her bir stratejinin belirlenen kriterlere göre performansı değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar yorumlanarak, hangi trafik denetim stratejilerinin diğerlerine göre daha etkili olduğunu tartışılmıştır. Son olarak ise sonuçların trafik politikası ve uygulamaları üzerindeki potansiyel etkileri tartışılmıştır.

### Sonuç ve Değerlendirme:

Çalışmanın teorik kısmında çok sayıda çok kriterli karar verme yaklaşımının olduğu ve her birinin birbirine göre avantaj ve dezavantajlarının olduğu görülmüştür. Bu durum, hangi yöntemin kullanılması gerektiğine karar verilmesi gerektiğinde, kararın mevcut soruna göre verilmesi gerektiğini göstermektedir. Sorunun doğru tanımlanması etkili sonuçlar elde etmek için kaçınılmaz bir zorunluluk gibi görünmektedir. Çok kriterli karar verme yaklaşımlarının öne çıkan dezavantajlarına baktığımızda aşağıdaki tablo ortaya çıkıyor. MAUT yöntemi subjektif ağırlıklandırma süreci, veri belirsizliği, değerlendirme sürecindeki etkileşimler gibi faktörler açısından dezavantajlıdır. AHP'nin avantaj ve dezavantajları, kullanıldığı bağlama, problemin büyüklüğüne ve karar verici grubun özelliklerine göre değişiklik gösterse de, temel dezavantajları subjektif olması ve veri toplama sürecinin uzun ve karmaşık olmasıdır. TOPSIS veri gereksinimini normalleştirdi. Bu gereklilik bazen veri hazırlama aşamasını karmaşık hale getirebilir. ELECTRE ikili karşılaştırmaların hazırlanması ve kriter ağırlıklarının belirlenmesi açısından zaman alıcı ve zorlu bir veri toplama süreci gerektirmektedir. PROMETHEE küçük veri değişikliklerine karşı çok hassas olduğundan bazı durumlarda karar sonuçlarının aşırı hassas olmasına ve küçük değişikliklere karşılık büyük değişiklikler göstermesine neden olabilir. DEMATEL ise analizde kullanılan ilişki ağırlıkları ve sınıflandırmaların uzman görüşlerine dayanması sorunuyla karşı karşıyadır.

Bu çalışma aşağıdaki önerileri sunmaktadır:

Uzmanların trafik kontrol stratejilerinin belirlenmesinde kullanılacak çok kriterli karar verme yöntemini seçerken problemin bağlamını göz önünde bulundurması gerekmektedir. Her yöntemin avantajları ve dezavantajları, belirlenen hedeflere ve kısıtlamalara bağlı olarak değerlendirilmelidir.

MAUT yönteminin öznel ağırlıklandırma süreci nedeniyle, AHP yönteminin ise öznellik ve uzun veri toplama süreçleri nedeniyle dezavantajlı olduğu görülmektedir. Bu durumda uzmanların daha objektif ve güvenilir sonuçlar alabilmesi için doğru veri toplama yöntemlerini kullanması gerekmektedir.

TOPSIS yönteminin normalleştirilmiş veri gereksinimi belirtildiğinden, veri hazırlama aşamasını karmaşıktırmamak için bu yöntem kullanılırken normalleştirilmiş verilerin kullanımı dikkatle değerlendirilmelidir.

ELECTRE ve PROMETHEE'nin zaman alıcı ve yoğun veri toplama süreçleri gerektirdiği anlaşıldığından, bu yöntemleri kullanırken zaman ve kaynak verimliliğini artırmak için ekstra otomasyon ve teknoloji kullanımına dikkat edilmelidir.

Uzmanların trafik kontrol stratejilerini belirlerken sadece güvenlik ve hareketliliğe değil aynı zamanda çevresel etkileri en aza indirecek stratejilere de odaklanması gerekiyor.

Uzmanlar problemlerin çözümünde farklı, duruma özgü, çok kriterli karar verme yöntemlerini entegre etmeyi düşünmelidir. Her yöntemin güçlü yönleri kullanılarak daha kapsamlı ve sağlam bir karar verme süreci oluşturulabilir.

### EXTENDED SUMMARY

#### Research Problem:

Traffic control strategies aim to increase traffic efficiency by providing effective solutions to issues such as reducing traffic congestion, reducing the average travel time and preventing accidents. The most appropriate strategies can be determined by using factors such as analyzing the traffic situation, traffic modeling, traffic signaling systems, traffic markings and technological solutions Decoupled together. The aim of the study is to develop decision support systems and provide tools to assist decision makers in the implementation of traffic control strategies. However, it has been observed in the following sub-purposes:

- \* Analysis and Modeling of the Traffic Situation
- \* Presentation of Ideas for Optimizing Traffic Signaling Systems,
- \* Presenting Ideas for Updating and Improving Traffic Markings,
- \* Encouraging the Use of Technological Solutions.

\* Providing Ideas in Terms of Preparing for Emergency and Extraordinary Traffic Scenarios.

### Research Questions:

This study seeks answers to the following research questions in evaluating the effectiveness of multi-criteria decision-making approaches for determining traffic control strategies

- What methods can be used to determine to what extent different multi-criteria decision-making methods are compatible with goals such as reducing traffic congestion, reducing the average travel time and preventing accidents?
- What advantages and disadvantages does the use of multi-criteria decision-making methods in determining traffic control strategies have compared to traditional methods?
- What criteria and data sets can be used to compare the effectiveness of different traffic control strategies according to the multi-criteria decision-making methods used to improve traffic flow?
- Which multi-criteria decision-making approaches provide the most appropriate and reliable results for determining optimal traffic control strategies, taking into account the preferences and evaluations of decision makers?
- What methods can be used to investigate how multi-criteria decision-making approaches can be integrated into real-world applications in determining traffic control strategies and how these methods can improve the decision-making process?

### Literature Review:

It seems that there are not enough studies in the literature on the effect of multi-criteria decision-making approaches on traffic control strategies. Considering the complex nature of the traffic phenomenon and the importance of traffic for human life, there is a great need for academic studies to be conducted on this subject. In addition, when the literature is examined, the multi-criteria decision-making approaches are AHS (Analytical Hierarchy Process), AAS (Analytical Network Process), MAUT (Multi-Attribute Utility Theory, Multi-Quality Utility Theory), MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique, Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique), PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment evaluation, For Enrichment Assessments Selection and Choice Translating Reality English (Elimination and Choice Translating Reality English), ELECTRE (Selection and Choice Translating Reality English), ELECTRE (Selection and Choice Translating reality English), ELECTRE (Selection and choice Translating reality English), Selection, which Refers to Elimination and Reality) and TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal, Preference Order Technique According to Similarity to the Ideal Solution) have been found to work.

### Methodology:

In the study, first of all, the relevant literature was scanned, the previous studies were examined. This screening has helped you determine which of the multi-criteria decision-making methods are used in traffic control strategies, what results have been achieved, and the existing gaps. Then, multi-criteria decision-making methods that are appropriate to the research questions and the data set were determined and alternative traffic control strategies were simulated. evaluate it. Here, the performance of each strategy is evaluated according to the determined criteria. By interpreting the results obtained, it was discussed which traffic control strategies are more effective than others. Finally, the potential effects of the results on traffic policy and practices were discussed.

### Results and Conclusions:

In the theoretical part of the study, it was seen that there are many multi-criteria decision-making approaches and that each of them has advantages and disadvantages relative to each other. This situation shows that when it is necessary to decide which method should be used, the decision should be made according to the current problem. The correct identification of the problem seems to be an inevitable necessity to achieve effective results. When we look at the prominent disadvantages of multi-criteria decision-making approaches, the following table emerges. The MAUT method is disadvantaged in terms of factors such as subjective weighting process, data uncertainty, interactions in the evaluation process. Although the advantages and disadvantages of AHP vary depending on the context in which it is used, the size of the problem and the characteristics of the



decision-making group, its main disadvantages are that it is subjective, the data collection process is long and complex. TOPSIS has normalized the data requirement. This requirement can sometimes complicate the data preparation phase. ELECTRE requires a time-consuming and demanding data collection process in terms of preparing bilateral comparisons and determining the criterion weights. Because PROMETHEE is very sensitive to small data changes, in some cases it can cause decision results to be overly sensitive and show large changes in response to small changes. DEMATEL, on the other hand, faces the problem that the relationship weights and classifications used in the analysis are based on expert opinions.

This study offers the following recommendations:

Experts should take into account the context of the problem when choosing a multi-criteria decision-making method to be used in determining traffic control strategies. The advantages and disadvantages of each method should be evaluated depending on the set goals and limitations.

It is seen that the MAUT method is disadvantaged due to the subjective weighting process, while the AHP method is disadvantaged due to subjectivity and long data collection processes. In this case, experts need to use the correct data collection methods in order to get more objective and reliable results.

Since the normalized data requirement of the TOPSIS method is specified, the use of normalized data should be carefully evaluated when using this method in order not to complicate the data preparation phase.

Since it is understood that ELECTRE and PROMETHEE require time-consuming and intensive data collection processes, attention should be paid to the use of extra automation and technology to increase time and resource efficiency when using these methods.

When determining traffic control strategies, experts should focus not only on safety and mobility, but also on strategies that will minimize environmental impacts.

Experts should consider integrating different, situation-specific, multi-criteria decision-making methods in solving problems. A more comprehensive and robust decision-making process can be created by using the strengths of each method.