

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Yeni Otobüs Tasarımında Koltuk Modeli Seçimi

Merve ÖZMEN*¹ ORCID 0009-0002-1971-4751

Z. Figen ANTMEN¹ ORCID 0000-0001-8475-1300

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana

Geliş tarihi: 05.02.2024

Kabul tarihi: 27.06.2024

Atıf şekli/ How to cite: ÖZMEN, M., ANTMEN, Z.F., (2024). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Yeni Otobüs Tasarımında Koltuk Modeli Seçimi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 39(2), 375-384.

Öz

Dünyada bireyleri bir yerden diğer bir yere taşıyan karayolu taşımacılığı ülkelerin ekonomisinin gelişmesi anlamında üzerinde durulması gereken önemli bir araştırma konusudur. Günümüzde her alanda olduğu gibi rekabet taşımacılık sektöründe de kendini göstermektedir. Otobüs üreticisi firmalar bu rekabet koşullarından dolayı tasarım ve model değişikliği çalışmalarında pek çok kriteri göz önünde bulundurmaya zorlanmaktadır. Özellikle pek çok kriterin olduğu problemlerin çözümünde Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada otomotiv sektöründe üretim faaliyetinde bulunan yerli bir firmada, yeni bir otobüs tasarımında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) yöntemlerinden faydalanılarak ideal yolcu koltuk modeli seçimi sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme, Otomotiv, Tedarikçi seçimi, AHP, TOPSIS

Multi Criteria Making Methods Approach to Seat Model Selection in Design of New Bus

Abstract

Road transportation which carries people from a place to another place in the World, is an important research subject that should be emphasized in terms of the development of the economy of countries. Under the current global conditions, competition shows its importance in the transportation industry as in every industry. Because of these competition conditions, bus manufacturers have to consider about many criteria in their design and facelift projects. In order to solve the problems which there are multi-criteria, Multi Criteria Making Methods Approach, as in this study, are using. In this study, seat model selection was provided by using Analytic Hierarchy Process (AHP) and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), considering all criteria in a new bus design project which have been worked from a bus manufacturer which is working in domestic automotive industry in Turkey.

Keywords: Multi criteria making methods Approach, Automotive, Supplier selection, AHP, TOPSIS

*Sorumlu yazar (Corresponding Author): Merve ÖZMEN, mervebatarlar@gmail.com

1. GİRİŞ

Rekabetin her sektörde kendini gösterdiği günümüzde, işletmeler varlıklarını sürdürmeyi ve başarılı olmayı ancak müşteri beklentilerini karşılayan ürün ve hizmetleri sunarak sağlayabilmektedir. Bu başarı da ancak doğru proje ve fizibilite çalışmaları ile mümkün kılınabilmektedir.

Hemen her sektörde olduğu gibi otomotiv sektöründe de pek çok yerli ve yabancı üretici bulunmaktadır. Bu alternatif üreticiler ve ürün çeşitliliği müşteriler için pek çok avantaj doğururken üreticiler için araç projelerinin önemini de arttırmaktadır.

Günümüz piyasa şartlarında yatırım ve proje maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda yeni bir otobüs tasarım projesinde doğru fizibilite çalışmasının önemi daha net anlaşılabilir [1].

Doğru proje çalışmaları için öncelikle pazar analizlerinin çok iyi yapılması ve doğru pazara hizmet edecek doğru aracın sunulmasının önemi çok büyüktür. Doğru pazara, müşteri beklentisini karşılayan doğru ürün sunulması proje başarısını getirecektir [2].

Bu çalışmayı gerçekleştirdiğimiz işletme, otomotiv sektöründe hizmet veren yerli bir otobüs üreticisidir. Firma, pazar ve müşteri ihtiyaçlarına ve stratejik planlamalarına göre yeni otobüs tasarımlarını ve mevcut otobüslerin “model yüz değişimi” çalışması olarak adlandırılan mevcut modelden benzetimle yüz değişikliği ya da modifikasyon olarak değerlendirebileceğimiz otobüs ve midibus projelerini Türkiye’deki tesisinde gerçekleştirmektedir.

Yeni araç tasarım veya model yüz değişimi çalışmalarında genellikle Satış&Pazarlama, Ar-Ge, Satın Alma, Üretim, Maliyetlendirme, Kalite, Homologasyon (Onay ve Yürürlük) ve Planlama birimlerinden üyeler yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden Analytic Hierarchy Process (AHP) ve Technique for Order Preference by Similarity To

Ideal Solution (TOPSIS) metotlarından yararlanılarak yurt dışı pazarına yeni tasarlanan bir otobüs için otobüs yolcu koltuklarının seçimi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın çıkış noktası yeni bir regülasyon kapsamında Avrupa pazarında yürürlüğe geçecek olan okul otobüsü modelidir. Dolayısı ile yasal düzenleme-regülasyona bağlı bir ihtiyaç söz konusudur. Bu ihtiyaç doğrultusunda Fransa bayisi tarafından iletilen talebe istinaden yeni otobüs çalışması ihtiyacı Üst Yönetim ile paylaşılmıştır. Yönetim Kurulu kararına istinaden fizibilite çalışmaları başlatılmıştır.

Okul otobüsleri, araştırma konusu olan işletmenin şehir içi otobüs hattında üretilmektedir. Okul otobüsleri, tasarım ve üretim konsepti olarak şehir içi otobüsler ile çok benzer araçlardır. Okul otobüsleri ile şehir içi otobüsler, yolcu koltukları açısından farklılık göstermektedir. Ek olarak okul otobüslerinde, otobüs arkasındaki “Duracak lambası” ve yolcu koltuk kolçağı gibi bazı aksesuarların bulundurulması zorunluluğu vardır. Dolayısı ile çalışma kapsamındaki okul otobüsleri için yeni bir üretim alanı ihtiyacı ya da tesiste herhangi bir farklı yatırım ihtiyacı söz konusu değildir. Yeni otobüs üretimi mevcut kaynaklara göre çalışılmış ve planlanmıştır.

İşletmenin benzer konseptte yurt içi pazarına ürettiği yerli bir okul aracı modeli bulunmaktadır. Bu nedenle benzer tecrübeye sahip olunan bir modeli, Avrupa pazarına göre yeniden dizayn edecek şekilde yol haritası çıkarılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Toplu taşımının en çok tercih edilen araçlarından biri otobüslerdir. Hem şehir içi hem de şehirler arası yolcu taşımada maliyet, süre ve hizmet ulaşım kolaylığı gibi çeşitli etkenlerle otobüs taşımacılığı uzun yıllardır tercih edilir olmuştur. Bu büyük pazarda günümüz koşullarında otobüs markaları arasında da ciddi bir rekabet söz konusudur.

Otobüsün iç tasarımı, en az dış tasarımı ve mekanik özellikleri kadar önemlidir. Yolcu memnuniyeti ve

yolculuk kalitesini doğrudan etkileyen iç alanların doğru tasarımı konusu otobüs üreticileri için kritik konulardandır. Bir yolcu, bir otobüse bindiği zaman önce koltukların konforuna, yatma açısı, ayak dayama ve kol dayama gibi fonksiyonlarına ve monitör kullanım durumuna bakmaktadır. Araç koltuklarının rahatlığı, ergonomisi, dayanıklılığı, döşeme kalitesi, kol dayama, ayak dayama opsiyonları, koltuk yatma açısı, koltuk genişliği, monitör olup olmaması gibi kriterler seçimleri doğrudan etkilemektedir.

Çalışmanın yapıldığı yerli otobüs üreticisi uzun yıllardır piyasanın önde gelen firmalarından biridir. Yeni regülasyon kuralları gereği Fransa pazarından ihtiyaç olarak bildirilen okul otobüsü için çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada söz konusu yeni otobüs modelinde yolcu koltuk setlerinin seçimi değerlendirilmiştir.

2.2. Metot

Yeni araç tasarımında koltuk seti seçimi için ÇKKV yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemlerinden faydalanılmıştır. İlgili seçim çalışmasında ilgili departmanlarda çalışanların uzmanlık alanları doğrultusunda bazı kriterler belirlenmiştir. Belirlenen kriterler doğrultusunda mevcut tedarikçi havuzundan seçilen tedarikçiler ve bu tedarikçilerin uyabilecek yolcu koltuk modelleri belirlenmiştir. Alternatifler için öncelikle AHP metoduna göre en uygun alternatif belirlenmiştir. Sonrasında da aynı kriterlere göre ilgili modeller TOPSIS yöntemine göre değerlendirilmiştir.

Bu çalışmaya konu olan kriterler Çizelge 1’de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Kriterler

No	Kriter kategorisi	Kriter
K1	Tasarım	Koltuk ağırlığı
K2	Tasarım	Koltuk genişliği
K3	Tasarım	Opsiyon seçenekleri
K4	Tedarik	Maliyet
K5	Tedarik	Lojistik avantaj
K6	Tedarik	Teslimat performansı
K7	Tedarik	Üretim kapasitesi
K8	Kalite	Ürün iade oranı

Çalışmaya konu olan koltuk üreticileri ve koltuk modelleri Çizelge 2’de belirtilmiştir.

Çizelge 2. Alternatifler

No	Üretici	Alternatif model
X1	X	M3350NG
X2	X	M3350
X3	X	M3320L
Y1	Y	Star30
Y2	Y	Star40

2.2.1. AHP

AHP, ÇKKV yöntemlerinden en yaygın olarak kullanılan ve en popüler yöntemlerin başında gelmektedir. AHP’nin temelleri 1968 yılında Myers ve Alpert tarafından atılmıştır. 1977’de ise Saaty tarafından bir model olarak geliştirilmiştir. Zamanla çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde uygulanabilir bir yöntem haline gelmiştir [3].

AHP yönteminde karar vericiler, karar vermede önemli olduğu belirlenen kriterler, karara etkisi olduğu düşünülen kısıtlar ve alternatifler söz konusudur. İlk adımda problem tanımlanır. Bu aşamada görüşleri alınan uzmanlar ile beraber kriterler ve alternatifler belirlenmiştir.

İkinci aşamada belirlenen kriterler doğrultusunda karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Köşegenleri 1 olacak şekilde ikili karşılaştırmalara dayanan n sayıda kriterin olduğu A matris örneği Eşitlik 1’de belirtilmiştir.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Her bir kriter için alternatiflerin ikili karşılaştırmaları ve kriterlerin kendi arasında ikili karşılaştırmaları yapılır. Karşılaştırma matrislerinde kullanılan önem derecelendirmesi ölçeği Çizelge 3’te belirtilmiştir [4].

Çizelge 3. Önem derecelendirme ölçeği [5]

Önem değerleri	Değer açıklamaları
1	İki seçeneğin önemlerinin eşit olması durumu
3	1.seçeneğin 2.seçenekten biraz daha önemli olmasının karşılığı
5	1.seçeneğin 2.seçeneğe göre oldukça önemli olmasının karşılığı
7	1.seçeneğin 2.seçeneğe göre çok önemli olmasının karşılığı
9	1.seçeneğin 2.seçeneğe göre ciddi bir baskınlık ile önemli olmasının karşılığı
2.4.6.8	Seçeneklerin denk olması durumunda kullanılan ara değerler

Her bir kriterin alternatiflere göre tek tek kendi içerisinde birebir karşılaştırmalarına dayalı değerlendirme yapılmaktadır. Hem kriterler hem de alternatiflerin değerlendirmelerine göre matris elemanlarının sütun toplamalarına bölünmesi ile ağırlık matrisleri elde edilir.

Sonraki adımda elde edilen ağırlık matrislerinin satır ortalaması alınır. Satır ortalamalarının bir araya getirilmesi ile özet ağırlıklandırma tablosu elde edilir. Alternatifler için elde edilen özet ağırlıklandırma matrisi elemanları ile elde edilen kriter ağırlıkları matrisinin elemanlarının çarpılması ile değerlendirme matrisi elde edilmiş olur. Son aşamada elde edilen bu matris, alternatifler arasındaki sıralamayı verecek ve bu şekilde ideal alternatif bulunmuş olacaktır [6].

2.2.2. TOPSIS

TOPSIS olarak adlandırılan yöntemin temelleri 1981 yılında Yoon ve Hwang tarafından atılmıştır. 1992 yılında Chen ve Hwang tarafından yöntem ortaya konmuştur. Yöntem var olan alternatiflerin, belirlenen pozitif ve negatif ideal çözüm merkezlerine uzaklığının değerlendirilmesine dayanır [6].

Yöntemde ilk olarak alternatifler ve kriterlerden oluşan karar matrisi oluşturulur. Eşitlik 1’de belirtildiği üzere alternatiflerin n adet kritere göre oluşturulduğu örnek A karar matrisi oluşturulur. A

karar matrisine göre normalizasyon matrisi oluşturulmaktadır. Normalize matris oluşturulurken karar matrisi değerlerinin karelerinin sütun toplamı alınarak bu değerlerin kareleri alınır. Karar matrisi elemanlarının bu elde edilen değerlere bölünmesi ile normalize karar matrisi değerlerine ulaşılır.

Bir sonraki adımda değerlendirme kriterlerine ilişkin ağırlık değerleri ile normalize matrisinde elde edilen ilgili sütun elemanlarının her birinin çarpımı ile ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilir. Eşitlik 2’de w_i ağırlık değerlerinin belirlenen V ağırlıklandırılmış normalize matris gösterilmiştir.

Bir sonraki adımda ideal (A+) ve negatif ideal (A-) çözümleri belirlenir. İdeal çözüm değerleri belirlenirken V ağırlıklandırılmış matris değerlerinin en büyüğü alınır. Negatif çözüm değeri için ise V matrisinin en küçük değeri alınmaktadır. İdeal ve negatif ideal çözüm değerlerinin formülü Eşitlik 3 ve Eşitlik 4’teki gibi belirtilmiştir [8].

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ w_1 r_{21} & w_2 r_{22} & \dots & w_n r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$A^+ = \left\{ \left(\max_i V_{ij} \mid j \in J \right), \left(\min_i V_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (3)$$

$$A^- = \left\{ \left(\min_i V_{ij} \mid j \in J \right), \left(\max_i V_{ij} \mid j \in J' \right) \right\} \quad (4)$$

Yukarıdaki formüllerde J değeri fayda değerini gösterirken J' değeri ise kayıp değeri göstermektedir.

İdeal ve negatif ideal çözümler belirlendikten sonra alternatiflerin çözüm noktalarına uzaklığı belirlenmektedir. Bunun için Eşitlik 5 ve Eşitlik 6’da belirtildiği gibi sapma değerleri hesaplanmaktadır. Eşitlik 5, ideal sapma değerini veya gösterirken Eşitlik 6 negatif sapma değerini göstermektedir [7].

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (5)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (6)$$

Son olarak formüllerle elde edilen sapma değerlerine göre ideal çözüme yakınlık değeri hesaplanır. İdeal çözüme yakınlık Eşitlik 7'ye göre hesaplanır. Bu değer 0 ile 1 arasında bir değer olmaktadır. Değerin maksimum değer olan 1'e eşit olması durumunda mutlak ideal çözüm değerinde

olduğu, 0'a eşit bulunması durumunda mutlak negatif ideal çözüm değerinde olduğu anlamına gelmektedir.

$$C_i^+ = \frac{s_i^+}{s_i^- + s_i^+} \quad (7)$$

Çalışmada kullanılacak tüm firmalara ait alternatif tüm koltuk modelleri ve kriterlerin özeti Şekil 1'de belirtilmiştir.

		KRİTERLER							
		Koltuk ağırlığı (K1)	Koltuk genişliği (K2)	Opsiyon Seçenekleri (K3)	Maliyet (K4)	Lojistik Avantaj (K5)	Teslimat Performansı (K6)	Üretim Kapasitesi (K7)	Ürün lade Oranı (K8)
A L T E R N A T İ F L E R	M3350NG (X1)	18 kg	430 mm	-2 ve 3 nokta emniyet kemeri -Sabit ve Hareketli Kolçak -Çanta Dayama -Plastik Arkalık -Koltuk sensör ped uyumu	₺ 18.585.000,00	Günlük sevkiyat	97%	Tesis, personel ve ekipman kapasitesi yeni projeye uygun	1,50%
	M3350 (X2)	28 kg	440 mm	-2 nokta emniyet kemeri, -Sabit Kolçak -Çanta Dayama -Plastik Arkalık	₺ 15.930.000,00	Günlük sevkiyat	97%	Tesis, personel ve ekipman kapasitesi yeni projeye uygun	1,50%
	M3320L (X3)	22 kg	430 mm	-2 ve 3 nokta emniyet kemeri -Sabit ve Hareketli Kolçak -Çanta Dayama -Plastik Arkalık	₺ 16.992.000,00	Günlük sevkiyat	97%	Tesis, personel ve ekipman kapasitesi yeni projeye uygun	1,50%
	Star30 (Y1)	17 kg	430 mm	-2 ve 3 nokta emniyet kemeri -Sabit ve Hareketli Kolçak -Çanta Dayama -Plastik Arkalık	₺ 16.107.000,00	Haftada 2 gün sevkiyat	95%	Tesis, personel ve ekipman kapasitesi	0,90%

Şekil 1. Model ve kriterlerin özeti

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Çalışmanın AHP ile Değerlendirilmesi

Analitik Hiyerarşi Prosesi çalışma metodolojisine göre çalışmada kullanılacak Tasarım, Tedarik ve Kalite olmak üzere 3 ana kriter ve bunların altında koltuk ağırlığı, koltuk genişliği, opsiyon seçenekleri, maliyet, lojistik performans, üretim kapasitesi ve ürün iade oranı olmak üzere 8 alt kriter belirlenmiştir. Bu kriterler seçilen 2 tedarikçiye ait

M3350NG, M3350, M3320L, Star30 ve Star40 olmak üzere 5 modelin seçiminde kullanılmıştır. AHP analizinde önce her bir kriter için modellerin değerlendirilmesi ve ağırlıklandırılmaları yapılmıştır. Kriter ve modellerin karşılaştırmalarında Çizelge 3'te paylaşılan önem dereceleri kullanılmıştır. Kriterlerin birbirlerine göre derecelendirme ve ağırlıklandırılmaları yapılmıştır. Belirlenen kriter ağırlıklandırılmalarına göre alternatif modellerin kriter değerlendirmeleri yapılarak optimum sonuç elde edilmiştir.

3.1.1 K1 Kriterine Göre Alternatiflerin Ağırlıklandırılması

Koltuk ağırlığı kriterine göre koltuk modellerinin birbirlerine göre önem dereceleri karşılaştırması sonucu elde edilen matris Çizelge 4'te belirtilmiştir.

Çizelge 4. K1 kriteri için alternatiflerin ağırlıkları

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Satır ortalaması
X1	0,21	0,26	0,29	0,18	0,29	0,25
X2	0,03	0,04	0,02	0,06	0,02	0,03
X3	0,07	0,19	0,10	0,11	0,10	0,11
Y1	0,62	0,33	0,49	0,54	0,49	0,50
Y2	0,07	0,19	0,10	0,11	0,10	0,11

3.1.2. K2 Kriterine Göre Alternatiflerin Ağırlıklandırılması

Koltuk genişliği kriterine göre koltuk modellerinin birbirlerine göre önem dereceleri karşılaştırması sonucu elde edilen matris Çizelge 5'de belirtilmiştir.

Çizelge 5. K2 kriteri için alternatiflerin ağırlıkları

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Satır ortalaması
X1	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
X2	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
X3	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Y1	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27

3.1.3. K3 Kriterine Göre Alternatiflerin Ağırlıklandırılması

Opsiyon seçenekleri kriterine göre koltuk modellerinin birbirlerine göre önem dereceleri karşılaştırması sonucu elde edilen matris Çizelge 6'da belirtilmiştir.

Çizelge 6. K3 kriteri için alternatiflerin ağırlıkları

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Satır ortalaması
X1	0,31	0,26	0,32	0,31	0,31	0,30
X2	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,03
X3	0,04	0,20	0,05	0,04	0,04	0,08
Y1	0,31	0,26	0,32	0,31	0,31	0,30
Y2	0,31	0,26	0,32	0,31	0,31	0,30

3.1.4. K4 Kriterine Göre Alternatiflerin Ağırlıklandırılması

Maliyet kriterine göre koltuk modellerinin birbirlerine göre önem dereceleri karşılaştırması sonucu elde edilen matris Çizelge 7'de belirtilmiştir.

Çizelge 7. K4 kriteri için alternatiflerin ağırlıkları

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Satır ortalaması
X1	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,04
X2	0,36	0,39	0,41	0,39	0,39	0,39
X3	0,20	0,13	0,14	0,13	0,22	0,16
Y1	0,36	0,39	0,41	0,39	0,30	0,37
Y2	0,04	0,04	0,03	0,06	0,04	0,04

3.1.5. K5 Kriterine Göre Alternatiflerin Ağırlıklandırılması

Lojistik avantaj kriterine göre koltuk modellerinin birbirlerine göre önem dereceleri karşılaştırması sonucu elde edilen matris Çizelge 8'de belirtilmiştir.

Çizelge 8. K5 kriteri için alternatiflerin ağırlıkları

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Satır ortalaması
X1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
X2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
X3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Y1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Y2	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

3.1.6. K6 Kriterine Göre Alternatiflerin Ağırlıklandırılması

Teslimat performansı kriterine göre koltuk modellerinin birbirlerine göre önem dereceleri karşılaştırması sonucu elde edilen matris Çizelge 9'da belirtilmiştir.

Çizelge 9. K6 kriteri için alternatiflerin ağırlıkları

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Satır ortalaması
X1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
X2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
X3	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Y1	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Y2	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13

3.1.7. K7 Kriterine Göre Alternatiflerin Ağırlıklandırılması

Üretim kapasitesi kriterine göre koltuk modellerinin birbirlerine göre önem dereceleri karşılaştırması sonucu elde edilen matris Çizelge 10'da belirtilmiştir.

Çizelge 10. K7 kriteri için alternatiflerin ağırlıkları

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Satır ortalaması
X1	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
X2	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
X3	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Y1	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Y2	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

3.1.8. K8 Kriterine Göre Alternatiflerin Ağırlıklandırılması

Ürün iade oranı kriterine göre koltuk modellerinin birbirlerine göre önem dereceleri karşılaştırması

Çizelge 12. Kriterlerin ağırlıkları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Ortalama
K1	0,33	0,25	0,32	0,33	0,32	0,32	0,21	0,36	0,30
K2	0,04	0,03	0,02	0,04	0,02	0,02	0,05	0,02	0,03
K3	0,05	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	0,04	0,06
K4	0,33	0,25	0,32	0,33	0,32	0,32	0,21	0,36	0,30
K5	0,05	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	0,04	0,06
K6	0,05	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	0,04	0,06
K7	0,04	0,02	0,01	0,04	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
K8	0,11	0,18	0,16	0,11	0,16	0,16	0,16	0,12	0,15

Tüm kriterlere göre tüm koltuk modellerinin önem derecelendirmeleri ve ağırlıkları yapılmıştır. Koltuk

sonucu elde edilen matris Çizelge 11'de belirtilmiştir.

Çizelge 11. K8 kriteri için alternatiflerin ağırlıkları

	X1	X2	X3	Y1	Y2	Satır ortalaması
X1	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
X2	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
X3	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Y1	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
Y2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33

3.1.9. Kriterlerin Ağırlıklandırılması ve Değerlendirme

Uzmanların değerlendirme ve ortak kararlarına istinaden belirlenen değerlendirme kriterlerinin önem dereceleri ve elde edilen ağırlıkları Çizelge 12'de belirtilmiştir.

Çizelge 13. Özet ağırlıklandırma

Alternatifler	Kriterler							
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
X1	0,25	0,27	0,30	0,04	0,25	0,25	0,20	0,11
X2	0,03	0,09	0,03	0,39	0,25	0,25	0,20	0,11
X3	0,11	0,27	0,08	0,16	0,25	0,25	0,20	0,11
Y1	0,50	0,27	0,30	0,37	0,13	0,13	0,20	0,33
Y2	0,11	0,09	0,30	0,04	0,13	0,13	0,20	0,33

Her bir kriter ağırlığının ilgili modelin kriter ağırlığının ilgili modelin kriter ağırlığı ile çarpılması sonucu değerlendirme matrisi

oluşturulmuştur. AHP değerlendirme sonuçları Çizelge 14'te belirtildiği gibi bulunmuştur.

Çizelge 14. AHP sonuçları

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Toplam	%
X1	0,075	0,007	0,019	0,012	0,016	0,016	0,004	0,016	0,1675	16,75%
X2	0,010	0,002	0,001	0,118	0,016	0,016	0,004	0,016	0,1853	18,53%
X3	0,034	0,007	0,004	0,049	0,016	0,016	0,004	0,016	0,1491	14,91%
Y1	0,151	0,007	0,019	0,112	0,008	0,008	0,004	0,048	0,3602	36,02%
Y2	0,034	0,002	0,019	0,012	0,008	0,008	0,004	0,048	0,1379	13,79%

Belirlenen kriterler doğrultusunda Analitik Hiyerarşi Prosesi metoduna göre oluşturulan matrisler sonucunda Y1 firmasına ait Star30 modeli en ideal alternatif olarak belirlenmiştir (Çizelge 14).

3.2. Çalışmanın TOPSIS ile Değerlendirilmesi

Uzmanlar tarafından belirlenen ana kriterler ve bunlara bağlı alt kriterlere göre 5 farklı alternatif arasından seçim yapmak üzere bir diğer ÇKKV yöntemi olan TOPSIS yönteminden yararlanılmıştır.

3.2.1. Kriterlerin ve Alternatiflerin Ağırlıklandırılması

TOPSIS yöntemi ile değerlendirme sırasında bir önceki yöntem AHP’de elde edilen alternatif ve kriterlerin ağırlıklandırma ve önem derecelendirmeleri kullanılmıştır. Bir önceki metot AHP’de olduğu gibi tüm alternatiflerin kriterlere göre karşılaştırmaları ve ağırlıklandırılmaları yapılmıştır. Aynı şekilde kriterlerin de birbirlerine göre karşılaştırma ve değerlendirmelerine göre ağırlıklandırılmaları yapılmıştır. TOPSIS metodunda

Kriterlerin ağırlıkları (Çizelge 12) ve Özet Ağırlıklandırma (Çizelge 13) verileri kullanılmıştır.

3.2.2. TOPSIS Normalize ve Ağırlıklandırılmış Normalize Matrisin Oluşturulması

TOPSIS yöntemine göre çalışma yapılırken ilk adım olarak belirlenen alternatif değerlerinin kareleri alınarak bir matris elde edilir. Bu matriste elde edilen değerlere göre sütunların toplamı alınır ve bu sütun toplamının karekök değerleri alınarak normalizasyon değerleri aşağıdaki formülle belirlenmiş olur.

$$\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2} \quad (8)$$

Çizelge 13’teki özet ağırlıklandırma verileri elde edilen karekök değerlerine bölünerek normalize matris değerlerine ulaşılmıştır. Bu değerlerin de Çizelge 12’deki kriter ağırlıkları ile tek tek çarpılmasıyla Çizelge 15’te gösterildiği gibi ağırlıklandırılmış normalize matris değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 15. Ağırlıklandırılmış normalize matrisi

Alternatifler/ kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
X1	0,1306	0,0162	0,0370	0,0214	0,0347	0,0347	0,0090	0,0319
X2	0,0176	0,0054	0,0034	0,2099	0,0347	0,0347	0,0090	0,0319
X3	0,0591	0,0162	0,0093	0,0881	0,0347	0,0347	0,0090	0,0319
Y1	0,2620	0,0162	0,0370	0,2005	0,0173	0,0173	0,0090	0,0958
Y2	0,0591	0,0054	0,0370	0,0227	0,0173	0,0173	0,0090	0,0958

3.2.3. TOPSIS Pozitif İdeal ve Negatif İdeal Çözüm Değerlerinin Bulunması

İdeal çözüm değerleri için her bir sütundaki en

yüksek değer, negatif çözüm değerleri için sütunlardaki en küçük değerler alınmıştır. Çizelge 16’da pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri belirtilmiştir.

Çizelge 16. İdeal çözüm değerleri

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Pozitif ideal çözüm	0,2620	0,0162	0,0370	0,2099	0,0347	0,0347	0,0090	0,0958
Negatif ideal çözüm	0,0176	0,0054	0,0034	0,0214	0,0173	0,0173	0,0090	0,0319

3.2.4. Kriterlerin ve Alternatiflerin Ağırlıklandırılması

Ağırlıklandırılmış normalize matris değerlerinin pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerlerine olan farkın karesi alınır. Daha sonra elde edilen matristeki satırlar toplanır ve toplam değerlerin

karekökleri alınır. Böylece her bir değer için pozitif ideal ve negatif ideal çözüm değerine olan uzaklıkları elde edilir. Elde edilen pozitif ideal uzaklık değerleri Çizelge 17’de belirtilmiştir. Elde edilen negatif ideal uzaklık değerleri ise Çizelge 18’de belirtilmiştir.

Çizelge 17. Pozitif ideal çözüm değerlerine uzaklık verileri

Alternatifler/ kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
X1	0,0173	0,0000	0,0000	0,0355	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041
X2	0,0598	0,0001	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041
X3	0,0412	0,0000	0,0008	0,0148	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041
Y1	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0003	0,0003	0,0000	0,0000
Y2	0,0412	0,0001	0,0000	0,0350	0,0003	0,0003	0,0000	0,0000

Çizelge 18. Negatif ideal çözüm değerlerine uzaklık verileri

Alternatifler/ kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
X1	0,0128	0,0001	0,0011	0,0000	0,0003	0,0003	0,0000	0,0000
X2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0355	0,0003	0,0003	0,0000	0,0000
X3	0,0017	0,0001	0,0000	0,0045	0,0003	0,0003	0,0000	0,0000
Y1	0,0597	0,0001	0,0011	0,0321	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041
Y2	0,0017	0,0000	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0041

3.2.5. TOPSIS Sonuçları

İdeal ve negatif ideal uzaklık değerlerine uzaklıklar bulunduğundan sonra negatif ideal çözüm değerlerine uzaklıkların ideal ve negatif ideal çözüm değerlerine uzaklıklara oranlanması ile elde edilen sıralamaya göre optimum sonuç bulunmaktadır.

Elde edilen sonuçlar ve yüzdeler oranları Çizelge 19’deki gibi belirtilmiştir.

Yüzdeler sonuç çizelgesinde belirtildiği üzere %53,02 oranla Y tedarikçisine ait Y1 modeli ideal çözüme en yakın alternatif olarak belirlenmiştir.

Çizelge 19. TOPSIS Sonuçları

ALTERNATİF	S_i^+	S_i^-	C_i^+	Yüzde
X1	0,2385	0,1209	0,3365	19,34%
X2	0,2551	0,1901	0,4270	24,55%
X3	0,2467	0,0832	0,2522	14,50%
Y1	0,0263	0,3117	0,9222	53,02%
Y2	0,2774	0,0833	0,2309	13,27%

4. SONUÇLAR

Bir işletmenin başarısı doğru kaynak ve yatırımların, doğru proje ve işletme yönetimi ile doğru pazara, doğru ve ihtiyaca yönelik ürün ve hizmet sunulması ile sağlanabilir. Bu nedenle çalışmanın yapıldığı otobüs üreticisi firmanın yeni otobüs çalışmalarının önemi ve ne kadar titizlikle çalışılması gerektiği bir kez daha anlaşılmıştır. Bu da yapılan çalışmanın hem ekonomiye hem de topluma sunacağı faydaları göz önüne çıkartmaktadır [9].

Bu çalışmada yeni okul otobüsünde kullanılmak üzere seçilecek yolcu koltuk modellerine karar verilmesi incelenmiştir. Çalışma kapsamında koltuk modelini seçebilmek için ilgili departmanların uzmanlarından oluşan karar vericiler tarafından 8 kriter belirlenmiştir. Yeni otobüs tasarımında yolcu koltuklarının seçimi için belirlenen 8 kriter çerçevesinde 2 farklı koltuk tedarikçisine ait toplam 5 koltuk modeli alternatifinin değerlendirilmesi incelenmiştir.

ÇKKV yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemlerinden faydalanılan çalışmada yapılan değerlendirmelere göre Y koltuk tedarikçisine ait Star30 koltuk modelinin yeni otobüs için en uygun model alternatifi olduğuna karar verilmiştir.

5. KAYNAKLAR

1. Pamuk, K. Ç., 2015. Yeni Ürün Geliştirme Sürecinde Tedarik Zinciri Tasarımı ve Bütünleşik AHP ve ORESTE Yöntemi ile Tedarikçi Seçimi. Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli.
2. Doğan, A., 2006. Tedarik Zincirinde Stok Yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. Işık, E., 2019. Depo Yerleşimi Problemi için Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımları: Bir Otomotiv İşletmesi Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
4. Supçiler, A.A., Çapraz, O., 2011. AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması. İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi, 13(1), 22.
5. Dağdeviren, M., Akay, D., Kurt, M., 2004. İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19, 131-138.
6. Büyükkız, Ş., 2019. Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
7. Çelik, C., Alkan, A., Aladağ, Z., 2016. Otomotiv Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada Tedarikçi Seçimi: AHP-Bulanık AHP ve TOPSIS Uygulaması. Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 9, 43-83.
8. Garagozi, F., 2016. Tedarikçi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve TOPSIS Karar Modellerinin Kullanımı ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
9. Güneş, H., 2019. Otomotiv Sektöründe Yeşil Tedarikçi Seçimi İçin Yeni Bir Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.