

AHP, BULANIK AHP, LBWA VE COPRAS YÖNTEMLERİ İLE TEDARİKÇİ DEĞERLENDİRME: DEMİRYOLU SEKTÖRÜNDE BİR UYGULAMA

Meryem ULUSKAN^{1*}, Dilşad TOPUZ², Cansel ÇİMEN³

- ¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-1287-8286>
- ² Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-2467-4889>
- ³ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-7037-7941>

Anahtar Kelimeler	Öz
Tedarikçi değerlendirme, Düzey Temelli Ağırlık Değerlendirmesi (LBWA), Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP), Karmaşık Oransal Değerlendirme (COPRAS)	<i>Artan rekabet koşulları altında işletmelerin tedarikçilerine olan bağımlılığı her geçen gün artarak devam etmektedir. Tedarikçiler ile yapılan iş birliği sadece ürün bazında kalmamakla birlikte üretilen ürünlerin dağıtım, pazarlanması, dış yaptırımı ya da hizmet alımı şeklinde de olabilir. Bu sebeple tedarikçi seçimi sadece özel sektörde faaliyet gösteren işletmeler için değil, kamu işletmeleri için de büyük önem arz etmeye başlamıştır. Bu çalışmada, demiryolu sektöründe faaliyet gösteren bir kamu kurumu için tedarikçiler Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV) kullanılarak değerlendirilmiştir. Bu yöntemlerden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) ve Düzey Temelli Ağırlık Değerlendirmesi (LBWA) yöntemleri ile kriterler ağırlıklandırılmış ve Karmaşık Oransal Değerlendirme (COPRAS) yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır. Uygulamada 61 tedarikçi, 4 ana kriter ve 9 alt kriter üzerinden değerlendirilmiştir. AHP yöntemi, kriter ağırlıklandırma etkin çözümler vermesi ve diğer yöntemler ile birlikte kullanılabilir olması sebebi ile tercih edilmiştir. Çalışmada öznel kriterlerin sayısının fazla olması nedeni ile BAHP yöntemi kullanılarak belirsizliklerin giderilmesi amaçlanmıştır. Böylece, AHP ve BAHP ikilisinin seçilmesindeki temel amaç, yöntemlerin problem üzerindeki etkinliğinin ve güvenilir sonuçlar verdiğinin birçok çalışma ile kanıtlanmış olmasıdır. Bu sayede LBWA yönteminin sonuç üzerindeki etkileri daha doğru gözlemlenebilmiştir. LBWA yöntemi ise literatürde yeni kullanılmaya başlanmış bir yöntem olması ve geniş kullanım alanına sahip olmaması sebebi ile çalışmaya dahil edilmiştir. Bu şekilde üç farklı kriter ağırlıklandırma yöntemi kullanılarak bu yöntemlerin sıralama üzerindeki etkisi ile literatürde yeni bir yöntem olan LBWA yönteminin tedarikçi seçimi problemine uygulanabilirliği ve problem üzerindeki etkinliği araştırılmıştır. Ayrıca bu çalışma kamu kurumlarında tedarikçi seçim süreçlerinde kullanılabilecek kriterler açısından da literatüre katkı sağlamaktadır.</i>

SUPPLIER EVALUATION THROUGH AHP, FUZZY AHP, LBWA AND COPRAS METHODS: AN APPLICATION IN THE RAILWAY INDUSTRY

Keywords	Abstract
Supplier evaluation, Level Based Weight Assessment (LBWA), Analytical Hierarchy Process (AHP),	<i>With the increasing competition in the market, the dependence on suppliers continues to increase. Cooperation with suppliers is not only on product basis, but also in the form of distribution, marketing or service procurement of the manufactured products. Therefore, supplier selection has started to gain significant importance not only for companies operating in the private sector, but also for public sector. In this study, suppliers of a</i>

* Sorumlu yazar; e-posta : muluskan@ogu.edu.tr



Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP), Complex Proportional Assessment (COPRAS)

public institution operating in the railway industry were evaluated using Multi-Criteria Decision Making Methods (MCDM). Among these methods, the criteria were weighted through Analytical Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) and Level Based Weight Assessment (LBWA) methods, whereas, the alternatives were ranked via Complex Proportional Evaluation (COPRAS) method. In the study, 61 suppliers were evaluated on 4 main criteria and 9 sub-criteria. The AHP method was utilized due to its effectiveness in criterion weighting and its usability with other methods. As there is a large number of subjective criteria in the study, the uncertainties were decided to be eliminated through FAHP method. Therefore, both the effectiveness and reliability are the main reasons for utilization of AHP and FAHP methods. In this way, the results attained through LBWA method could be observed more accurately. The LBWA method, on the other hand, was included in the study because it is a fairly new method in the literature and is not widely used in supplier evaluation studies. As a result, by comparing three different criteria weighting methods, the applicability of the LBWA method to the supplier selection problem was investigated. In addition, this study contributes to the literature regarding the criteria that can be used during the supplier selection processes in public institutions.

Araştırma Makalesi

Başvuru Tarihi

: 04.02.2022

Kabul Tarihi

: 04.10.2022

Research Article

Submission Date

: 04.02.2022

Accepted Date

: 04.10.2022

1. Giriş

Son yıllarda artan rekabet koşulları ile birlikte işletmeler müşterilerinin isteklerini daha kısa sürede yerine getirebilmek için ürün ya da hizmet tedarik etme yoluna gitmektedir. Tedarik edilen ürün ya da hizmetlerin maliyeti, toplam maliyetin büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu bağlamda tedarikçiler ile yapılan iş birliği işletmeler açısından oldukça önemlidir. Tedarikçi seçimi, işletme içinde işletmenin hedeflerine ulaşmasında, rekabet düzeyinin korunmasında ve güçlendirilmesinde, maliyetlerin azaltılmasında; diğer yandan işletme dışında, müşterilerin isteklerine cevap verilebilmesinde ve ürün kalitesinin arttırılmasında önemli rol oynamaktadır.

Tedarikçilerin seçim ve değerlendirilmesi, var olan tedarikçilerin birçok kriter kullanılarak karşılaştırılması ve en iyi tedarikçinin seçilmesi ile ilgilidir. Tedarikçi seçimi problemi ürün, tedarikçi sayısı, iş birliğinin süresi ve iş birliği yapısına göre çeşitli şekillerde ele alınmaktadır. Nesnel ve öznel kriterlerin varlığı ve kriterlerin birbiri ile çelişiyor olmasının yanı sıra fazla sayıda tedarikçinin de yer alması problemi karmaşıklştırmaktadır.

İşletmeler tedarikçilerini değerlendirirken maliyeti göz önünde bulundurarak bir değerlendirme yapıyorsa maliyete dayalı yaklaşımlardan, stokastik belirsizlikler mevcut ise istatistiki yöntemlerden, bir değerlendirme sistemi tasarlamak isteniliyorsa yapay zeka tabanlı yöntemlerden, birden fazla amaç ve kısıtı varsa matematiksel programlamadan ve birden fazla kriterin bulunduğu durumlarda ise çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden yararlanabilir. Bununla birlikte

ÇKKV yöntemleri, karmaşık problemlerin çözümünde sıklıkla tercih edilir.

Bu sebeple çalışmada, demiryolu sektöründe faaliyet gösteren bir kamu kurumunda tedarikçi seçimi ve değerlendirilmesi problemi ÇKKV yöntemleri kullanılarak ele alınmıştır. Problemin çözümünde Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP), Karmaşık Oransal Değerlendirme (COPRAS) ve Düzey Temelli Ağırlık Değerlendirmesi (LBWA) yöntemleri kullanılmıştır. AHP, BAHP ve LBWA yöntemleri ile kriterler ağırlıklandırılırken, COPRAS yöntemi ile alternatifler sıralanmıştır.

Tedarikçi seçimi problemi, özel sektörde uzun yıllar ve çokça çalışılmış bir konu olmakla birlikte kamu sektöründe çeşitli kısıtlamalar nedeniyle yeterince çalışılmadığı görülmüştür. Bu kısıtlamalardan biri, kamu sektöründe alımların kamu ihale kanununa göre yapılmasıdır. Kamu ihale kanunu, uygulamada kullanılacak kriterleri de sınırlamaktadır. Bu çalışma bir kamu kurumunda uygulanarak literatürde yer alan bu boşluğu hedeflemekte ve kamu kurumunda kullanılabilir kriterler konusunda literatüre katkı sağlamaktadır.

Uygulama açısından bakıldığında, bu çalışmada alternatiflerin sıralanması için tek bir yöntem kullanılırken, kriterlerin ağırlıklandırılmasında üç farklı yöntem, AHP, BAHP ve LBWA kullanılmıştır. Bu yöntemlerden AHP kriter ağırlıklandırma sıklıkla kullanılması, etkin çözümler vermesi ve diğer yöntemler ile birlikte kullanılabilir olması sebebi ile tercih edilmiştir. Ağırlıklandırma açısından karşılaştırma yapabilmek için ve çalışmada öznel kriterlerin sayısının

fazla olması sebebi ile BAHP yöntemi uygulanarak belirsizliklerin giderilmesi amaçlanmıştır. AHP ve BAHP yöntemlerinin kriter ağırlıklandırma için seçilmesindeki temel amaç, problem üzerindeki etkinliğinin ve güvenilir sonuçlar verdiğinin birçok çalışma ile kanıtlanmış olmasıdır. Bu yöntemler çalışmaya eklenerek LBWA yönteminin etkilerinin daha doğru gözlemlenmesi ve sonuçların değerlendirilmesinde doğru bir referans oluşturması hedeflenmiştir. Ayrıca, LBWA yöntemi, literatürde yeni kullanılmaya başlanmış bir yöntem olması ve tedarikçi seçimi problemlerindeki etkinliğinin var olan çalışmalarda yeterince ortaya konmaması sebebi ile çalışmaya dahil edilmiştir. Bu şekilde üç farklı yöntem kullanılarak, farklı kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin sıralama üzerindeki etkisi ve literatüre yeni kazandırılan LBWA yönteminin tedarikçi seçimi problemi üzerindeki etkinliği araştırılmıştır.

Diğer taraftan, alternatiflerin sıralanması COPRAS yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. COPRAS yöntemi, alternatif sayılarına değil kriter üstünlüklerine göre sıralama yapmaktadır. Sıralamanın kriter üstünlüğüne göre yapılması, sonuçların çalışmaya dahil edilen veya çalışmadan çıkarılan alternatiflerden etkilenmesinin önüne geçmektedir. Bu sebeple yöntem sıralama için tercih edilmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde tedarikçi seçim problemi tanıtılmış ve problemin çözümünde tercih edilen yöntemlere değinilmiş, daha sonra çalışmanın amacı ile çalışmada kullanılan yöntemler ve tercih edilme sebepleri açıklanmıştır. İkinci bölümde tedarikçi seçimi problemlerinde kullanılan ÇKKV yöntemleri üzerine bir literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde kullanılan yöntemler detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Dördüncü bölüm uygulama aşaması olup uzman görüşü ile belirlenen kriterler kriter ağırlıklandırma yöntemlerine göre ağırlıklandırılmış, çalışmaya dahil edilen tedarikçiler belirlenen kriterlere göre sıralanmıştır. Son bölümde ise uygulamadan elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

2. Bilimsel Yazın Taraması

Tedarikçi değerlendirme ve seçme problemi ile ilgili bugüne kadar farklı sektörlerde birçok çalışma yapılmış ve matematiksel programlama, istatistiki yöntemler ve yapay zeka tabanlı yöntemler gibi çok farklı yöntemler kullanılmış olmakla birlikte, yapılan inceleme

sonucunda bu alanda basit kullanımı ve etkin çözümler sunmasından dolayı ÇKKV yöntemlerinin ağırlıklı olarak tercih edildiği görülmektedir. Bu bölümde, tedarikçi seçiminde ÇKKV yöntemleriyle matematiksel programlamanın entegre edilerek kullanıldığı bazı çalışmalara değinilmiştir. Ek olarak, ÇKKV yöntemlerinin literatürdeki yeri ve çalışmamızın ana konusu olan tedarikçi seçimi ile LBWA, BAHP, AHP ve COPRAS yöntemlerinin literatürdeki yeri detaylı olarak incelenmiştir. Gerçekleştirilen literatür incelemeleri ve gruplandırma Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tedarikçi seçimi alanında ilk çalışma Dickson (1966) tarafından yapılmış olup Benyoucef, Ding ve Xie (2003) tedarikçi seçimini iki farklı şekilde ele almıştır. Bunlardan ilki gerekli tedarikçi sayısının belirlenmesi iken, bir diğeri alternatif tedarikçiler arasından en uygununun seçilmesi şeklindedir. İzleyen yıllarda tedarikçi sayısının belirlenmesinden çok alternatif tedarikçiler arasından en uygun olanın seçilmesi problemine odaklanılmış olup problemin çözümü için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden doğrusal programlama AHP ile entegre edilerek, Ghodspour ve O'Brien (1998) tarafından kapasite kısıtlı bir modele uygulanmıştır. Bunun dışında tedarikçi seçiminde ÇKKV yöntemleri de sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntemlerden biri olan AHP yöntemini ilk olarak 1970'lerde Saaty (1971) geliştirmiştir. Bu yöntem literatürde sıkça kullanılmaktadır. AHP yöntemi ile ele alınan problem hiyerarşik yapıda tanımlanmaktadır. Bu hiyerarşik yapı, yöntemin sıklıkla tercih edilmesinin nedenlerinden biridir. Bir diğer neden ise herkes tarafından kolaylıkla uygulanabilir ve diğer yöntemlere entegre edilebilir olmasıdır. AHP'nin yer aldığı çalışmalar incelendiğinde, Dağdeviren ve Eren (2001) AHP ve 0-1 hedef programlama kullanmışlardır. AHP ile belirlenen kriterler, hedef programlamanın amaç fonksiyonu için girdi olarak kullanılmıştır. Ting ve Cho (2008) Tayvan'da ana kart üreten bir firma için tedarikçi seçiminde AHP yönteminin yanında çok amaçlı doğrusal programlama yöntemine yer vermiştir. Supçiller ve Çapraz (2011) ise yöntemi TOPSIS ile entegre etmiştir. AHP ile kullanılan yöntemlerden bir diğeri olan VIKOR, Kara ve Ecer (2016) tarafından tekstil sektöründe tedarikçi seçimi problemi üzerine kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan ve geniş uygulama alanına sahip bir diğer yöntem ise BAHP yöntemidir. Bulanık mantık ilk kez Zadeh (1965) tarafından ortaya atılmıştır.

Tablo 1

Literatür Taraması Sonucu Oluşturulan Gruplandırma ve Özeti

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Matematiksel Programlama Kullanılan Çalışmalar		
KONU	YAZARLAR	YÖNTEM
Tedarikçi seçimi ve Sipariş tahsisi	Ghodsypour ve O'Brien (1998)	DP ve AHP
Tedarikçi seçimi	Dağdeviren ve Eren (2001)	0-1 HP ve AHP
Tedarikçi seçimi ve Sipariş tahsisi	Ting ve Cho (2008)	ÇADP ve AHP
Tedarikçi seçimi	Kaya (2010)	BHP, AHP
Tedarikçi seçimi ve Sipariş tahsisi	Karaatlı ve Davras (2014)	HP, AHP
Tedarikçi seçimi	Durmaz, Akgündüz ve Şahin (2017)	HP, MOORA
Tedarikçi seçimi	Özçelik ve Eryılmaz (2019)	HP, COPRAS, BAHP ve MOORA
Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılan Çalışmalar		
KONU	YAZARLAR	YÖNTEM
Silah sistemlerinin değerlendirilmesi	Cheng ve Mon (1994)	BAHP
Tedarikçi seçimi	Güner (2005)	BAHP ve AHP
Dizüstü bilgisayar seçimi	Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2010)	BAHP ve ELECTRE
Tedarikçi seçimi	Supçiller ve Çapraz (2011)	AHP ve TOPSİS
İşe alımda uygun adayın belirlenmesi	Akar ve Çakır (2016)	BAHP ve MOORA
Tedarikçi seçimi	Kara ve Ecer (2016)	AHP ve VIKOR
Şirketlerin değerlendirilmesi	Ömürbek ve Akçakaya (2018)	COPRAS, SAW, Entropi, MAUT ve BORDA Sayım
Tedarikçi seçimi	Yıldırım ve Timor (2019)	COPRAS-F, Gri COPRAS ve BAHP
Şirketlerin değerlendirilmesi	Çınaroğlu (2019)	COPRAS ve SWARA
Silahların yapısal elemanlarının belirlenmesi	Božanić, Randelović, Radovanović ve Tešić (2020a)	LBWA ve IR-MAIRCA
Sağlık sistemlerinin yeniden düzenlenmesi	Pamučar ve diğ. (2020a)	LBWA, MACBETH ve BRAFSI
Tesis yeri seçimi	Biswas ve Pamučar (2020)	LBWA ve PIPRECIA
Kamp alanı seçimi	Božanić, Jurišić ve Erkić (2020b)	LBWA ve Z-MAIRCA
Ulaşım modu seçimi	Pamučar, Devci, Canitez ve Lukovac (2020b)	LBWA, WASPAS, WHM ve WGHM
Mevcut enerji tüketimini ve yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgesel ölçekte yayılım potansiyelinin değerlendirilmesi	Pamučar, Behzad, Božanić ve Behzad (2021)	LBWA ve WASPAS
Uygun ateşleme pozisyonunun belirlenmesi	Jokić, Božanić ve Pamučar (2021)	LBWA ve FMABAC
Tedarikçi seçimi	Yazdani, Pamučar, Chatterjee ve Torkayesh (2021)	LBWA-D, SWARA-D ve (MARCOS)-D
Tedarikçi seçimi	Torkayesh, Pamučar, Ecer ve Chatterjee (2021)	LBWA, BWM ve CoCoSo

Bulanık mantığın AHP yöntemiyle birlikte uygulanması ise ilk kez Saaty (1971) tarafından önerilmiştir. Üçgensel üyelik fonksiyonlarıyla tanımlanmış bulanık değerler ise ilk defa Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından bir üniversitenin profesör seçimi probleminde kullanılmıştır. Yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde Cheng ve Mon (1994) BAHP yöntemini kullanarak ilk defa askeri alanda çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışma yapılan alanlardan bir diğeri tedarikçi seçimidir. BAHP yöntemi tedarikçi seçiminde birçok yöntem ile birlikte kullanılmıştır. Bu yöntemlerden biri AHP olup Güner (2005) tarafından bir mermer-traverten işletmesinde uygulanmıştır. Birlikte kullanılan yöntemlerden bir diğeri ise ELECTRE yöntemidir. Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2010) öznel yargıları BAHP yöntemiyle gidererek kriterleri ağırlıklandırmıştır. Akar ve Çakır (2016) ise lojistik sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede BAHP ve MOORA yaklaşımlarını birlikte kullanmıştır.

Bu çalışmada kullanılan bir başka yöntem de LBWA yöntemidir. İkili karşılaştırmalar yaparak kriterleri ağırlıklandırmaya dayanan bu yöntem ilk olarak Žižović ve Pamučar (2019) tarafından geliştirilmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde çeşitli yöntemlerin artı ve eksileri değerlendirilmiştir. İkinci bölümünde modele ilişkin algoritma verilmiştir. Üçüncü bölümde, yöntem literatürde yer alan iki çalışma üzerinden test edilmiştir. Dördüncü ve son bölümde ise elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Božanić ve diğ. (2020a) tarafından yapılan çalışmada LBWA yöntemi silahların yapısal elemanlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Farklı bir alanda, Pamučar ve diğ. (2021) mevcut enerji tüketimini ve yenilenebilir enerji kaynaklarının bölgesel ölçekte yayılım potansiyelini değerlendirmek amacıyla çalışma yapmışlardır. Diğer taraftan Pamučar ve diğ. (2020a), Covid-19 koşullarından etkilenen sağlık sistemlerinin yeniden düzenlenmesi üzerine çalışmış, kriterlerin ağırlıklandırılmasında LBWA ve MACBETH yöntemlerini kullanmıştır. LBWA yöntemini kullanan diğer çalışmalar incelendiğinde, Biswas ve Pamučar (2020) işletme-yönetim okulları için tesis yeri seçimi problemini ele almış, Božanić ve diğ. (2020b) ise çalışmalarında bir ordu için kamp alanı seçimini konu almışlardır. Pamučar ve diğ. (2020b) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise İstanbul Havaalanı için en iyi ulaşım modunu seçmek amaçlanmıştır. Jokić ve diğ. (2021) tarafından yayınlanan çalışmada ise LBWA yöntemi ilk kez MABAC Yöntemi ile birleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, LBWA ve MABAC yöntemleri birlikte uygulandığında tutarlı sonuçlar verdiği görülmüştür. LBWA yöntemi, tedarikçi seçimini içeren çalışmalarda ise ilerleyen süreçte literatüre kazandırılmıştır. Bu çalışmalardan ilki Yazdani ve diğ. (2021) tarafından gıda sektöründe uygulanmıştır. Tedarikçi seçimi alanında yapılan bir diğer çalışma ise Torkayesh ve diğ. (2021) tarafından sağlık sektöründe uygulanmıştır. Seçilen yedi ülke için belirlenen kriterler,

LBWA ve BWM Yöntemleri kullanılarak ağırlıklandırılmıştır.

Bu çalışmada alternatifleri sıralamak için kullanılan COPRAS yöntemi, Zavadskas, Kaklauskas ve Sarka (1994) tarafından geliştirilmiştir. Karmaşık kriterleri ve çok sayıda alternatifi kolay bir şekilde çözümlemesi sebebi ile literatürde farklı alanlarda ve farklı yöntemler ile birlikte sıkça kullanılmaktadır. Diğer yöntemler ile birlikte kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde, Ömürbek ve Akçakaya (2018) COPRAS yöntemini SAW, Entropi ve MAUT yöntemleri ile birlikte havacılık sektöründe faaliyet gösteren şirketleri sıralamada kullanmıştır. Özçelik ve Eryılmaz (2019) tarafından yapılmış olan bir diğer çalışmada ise COPRAS yöntemi BAHP, MOORA ve Hedef Programlama ile birlikte traktör imalatı gerçekleştiren bir firmanın tedarikçi seçiminde kullanılmıştır. COPRAS yönteminin diğer yöntemler ile birlikte kullanıldığı bir diğer çalışma ise Yıldırım ve Timor (2019) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada iklimlendirme sektöründeki bir işletmenin tedarikçi seçimi COPRAS-F, Gri COPRAS ve BAHP yöntemleri kullanılarak ele alınmıştır. Çınaroğlu (2019) ise çalışmasında COPRAS ile SWARA yöntemini entegre ederek otomotiv firmalarını değerlendirmiştir.

Literatür incelendiğinde, ÇKKV yöntemlerinin tedarikçi seçimi problemine sıkça uygulandığı görülmüştür. Özellikle kriterlerin ağırlıklandırılmasında AHP ve BAHP yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. COPRAS yönteminin ise son yıllarda tedarikçi seçimi problemleri de dahil olmak üzere kullanımı artmaktadır. Buna karşın LBWA yöntemi yeni bir yöntem olması sebebi ile literatürde geniş bir kullanım alanına sahip olmamakla birlikte daha çok yer seçimi problemlerine uygulandığı görülmektedir. Bununla birlikte, tedarikçi seçim problemine uygulandığı çalışmalar da literatürde yer almasına rağmen problem üzerindeki etkinliğinin yeterince değerlendirilmediği görülmektedir. Bu noktada, mevcut çalışma literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Literatür incelenirken dikkat çeken bir diğer nokta ise, kamu kurumlarında yapılan çalışmaların oldukça sınırlı olduğudur. Kamu kurumlarında birlikte çalışılacak tedarikçilerin belirlenmesi çeşitli kanunlar ile düzenlenmekte ve bu şekilde süreç özel sektörden farklılaşmaktadır. Bu sebeple tedarikçi seçiminin kamu kurumlarında uygulamaları da çeşitli yönleriyle özel sektörde yapılan çalışmalardan ayrılmaktadır. Ayrıca tedarikçi seçim probleminin birçok farklı sektörde uygulamaları yer almakla birlikte literatürde özellikli olarak demiryolu sektöründe tedarikçi seçim problemi üzerinde çalışılmamıştır. Kısaca bu çalışma, tedarikçi değerlendirme ve seçimi çalışmalarında LBWA uygulamasının etkinliği ve LBWA yönteminin AHP ve bulanık AHP ile karşılaştırılması, problemin çözümünde kullanılan kriterlerin kamu kurumlarına uyarlanması ve farklı bir sektör olarak demiryolu sektöründe uygulanması konularında literatüre katkı sağlayacaktır.

3. Yöntem

İnsanlar gerek günlük yaşamlarında gerekse iş yaşamlarında sürekli olarak karar verme problemiyle karşılaşır. Karar verme, istenen amaca ulaşmak için belirli kriterler doğrultusunda seçeneklerden bir ya da birkaçını seçmek olarak tanımlanabilir. ÇKKV, çok sayıda ve birbiriyle çelişen kriterlerin olduğu durumlarda alternatifler içinden seçim yapmayı ifade etmektedir. ÇKKV problemleri için literatürde birçok yöntem mevcuttur. Bu yöntemler kriter ağırlıklandırma kullanılan yöntemler ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan yöntemler olarak iki başlık altında toplanabilir.

Kriter ağırlıklandırma yöntemleri öznel ve nesnel ağırlıklandırma şeklinde sınıflandırılmaktadır. Öznel ağırlıklandırma yöntemlerine SWARA, SMART, AHP, Delphi, LBWA, BWM ve DEMATEL yöntemleri örnek olarak verilebilir. ENTROPY, TOPSIS, çoklu korelasyon yöntemi, temel bileşen analizi, çok amaçlı optimizasyon yöntemleri, LINMAP ve CRITIC ise nesnel ağırlıklandırma yöntemlerine örnek olarak verilebilir.

Kriterler ve ağırlıkları belirlendikten sonra alternatiflerin ilgili kriterler doğrultusunda değerlendirilmesi aşamasına geçilir. Bu aşamada sıklıkla kullanılan yöntemler VIKOR, ELECTRE, PROMETHEE, COPRAS ve ARAS şeklindedir.

İzleyen bölümlerde bu çalışmada kullanılan AHP, Bulanık AHP, LBWA ve COPRAS yöntemleri açıklanacaktır. Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

3.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Karar verme sürecinde nesnel ve öznel birçok kriter bulunmaktadır. Sayısal veriler ile ifade edilemeyen öznel kriterlerin de nesnel kriterler gibi sağlıklı bir şekilde sürece dahil edilmesi gerekmektedir. 1970'lerde Saaty tarafından geliştirilmiş olan yöntem, ikili karşılaştırmalar yaparak alternatifler arasında en iyi olanı seçebilmek için hiyerarşinin en alt seviyesindeki alternatifleri değerlendirmektedir (Saaty, 2008). AHP yönteminin adımları aşağıda verilmiştir (Saaty ve Niemira, 2006).

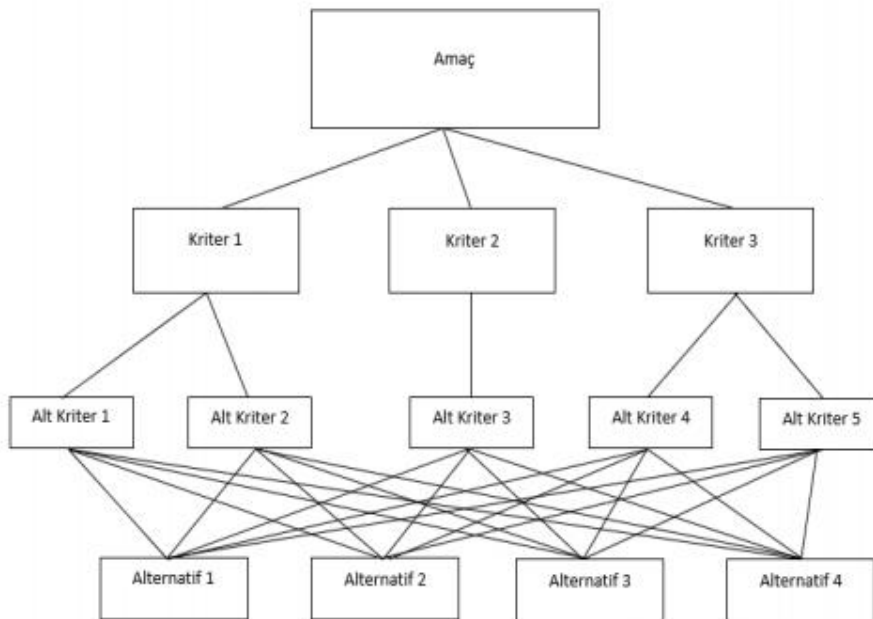
Adım 1: Problem tanımlanarak hiyerarşik yapı oluşturulur.

Amaç belirlenerek problemin çözümünde kullanılacak kriterler, alt kriterler ve alternatifleri içeren hiyerarşik yapı oluşturulur. Oluşturulan yapı Şekil 1'de verilmiştir.

Adım 2: İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

Yöntemin temeli ikili karşılaştırma matrislerine dayanmaktadır. Karar vericiler tarafından alternatifler kriterlere göre karşılaştırılır ve ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur (Saaty, 2008). Bu aşamada her bir kriterin göreceli önem dereceleri karşılaştırılır.

Kriterler için oluşturulan genel ikili karşılaştırma matrisi Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 3'te ise kriterlerin birbiri üzerinde ne derece öneme sahip olduğunun tanımlanabilmesi için kullanılan önem derecesi ölçeği yer almaktadır.



Şekil 1. Hiyerarşik Yapının Genel Gösterimi (Saaty, 2008)

Tablo 2

İkili Karşılaştırma Matrisinin Gösterimi (Güner, 2005)

	Kriter 1	Kriter 2	. .	Kriter j
Kriter 1	1	a_1/a_2	. .	a_1/a_j
Kriter 2	a_2/a_1	1		a_2/a_j
.	.	.		.
Kriter i	a_i/a_1	a_i/a_2	. .	1

Tablo 3

AHP'de Kullanılan Önem Derecesi Ölçeği (Saaty, 1994)

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	İki kriter amaca eşit derecede katkı sağlar.
3	Karşılaştırılan kriterler birbirine göre orta önemli	Bir kriter diğerine göre orta derecede tercih edilir.
5	Bir kriter diğerine göre kuvvetli önemli	Kriterlerden biri diğerine göre kuvvetli derecede tercih edilir.
7	Bir kriter diğerine göre çok kuvvetli önemli	Bir kriter diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilir ve üstünlüğü uygulamada açıkça görülür.
9	Bir kriter diğerine göre aşırı önemli	Bir kriterin diğer kriterlere tercih edilmesini sağlayan kanılar yüksek öneme sahip.
2, 4, 6, 8	Ara önem dereceleri	Kesin bir önem derecesi tanımlanamadığında kullanılacak değerlerdir.

Adım 3: Görelî önem vektörü (öz vektör) belirlenir.

Karşılaştırma matrisleri referans alınarak, matristeki her bir kriterin diğer kriterlere göre önemini gösteren görelî önem vektörü (öz vektör) hesaplanır. Sonra birleştirme (sentez) aşamasına geçilir. Birleştirme adımında kullanılacak görelî önem vektörleri dört farklı yöntem ile elde edilebilir. Bu yöntemler; en basit, daha iyi, iyi ve en iyi yöntem şeklindedir (Güner, 2005).

Adım 4: Tutarlılık oranı (CR- Consistency Ratio) ikili karşılaştırma matrisleri için hesaplanır. Oran 0,1'den küçük ise değerlendirmenin iyi olduğunu gösterir. 0,1'den büyük ise, değerlendirmede tutarsızlık vardır ve karar verici tekrar değerlendirme yapmalıdır. Tutarlılık indeksi Denklem (1) ve (2) ile hesaplanmaktadır.

CI = Tutarlılık indeksi

λ_{max} = Matrisin en büyük özdeğeri

n = Matris boyutu

w_j = Görelî önem vektörünün j. elemanı

a_{ij} = İkili karşılaştırma matrisinin (i, j)-inci değeri

RI = Rastgele değer indeksi olmak üzere;

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right\} \quad (2)$$

şeklindedir.

Tutarlılık oranı (CR) Denklem (3) ile hesaplanmaktadır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Rastgele Değer İndeksi (RI) için Tablo 4'te verilen değerler kullanılmaktadır.

Tablo 4

RI Tablosu (Saaty ve Tran, 2007)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Adım 5: Bileşik görelî önem vektörü hesaplanır.

Tutarlılıkları kontrol edilen karşılaştırma matrislerinden elde edilen görelî önem vektörleri birleştirilerek amaca ilişkin seçenekler belirlenir. Birleştirme işlemi, değerlendirilen kriterlerin görelî önemleri ile alternatiflerin kriterlere göre belirlenen görelî önemlerinin çarpılıp toplanması ile yapılır. Yapılan işlemler sonucunda en yüksek değeri veren alternatif seçilir.

3.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP)

Problemler her zaman kesin doğru ya da kesin yanlış olarak değerlendirilemezler. Problemin yapısından kaynaklanan belirsizlikler olabilir. Böyle durumlarda kişiden kişiye değişen cevaplardaki belirsizliklerin giderilmesi için bulanık mantığa başvurulmaktadır. Bulanık mantığın AHP yöntemiyle birlikte uygulanması ilk kez Saaty (1971) tarafından önerilmiştir. Yöntemin adımları aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Hiyerarşik AHP modeli oluşturulmalıdır.

Adım 2: Kriter ve alt kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

Tablo 5

Kriter Değerlendirme İçin Bulanık Sayılar Ölçeği (Prakash, 2003)

Önem Yoğunluklarının Tanımı	Önem Yoğunluğu	Üçgen Bulanık Ölçek	Önem Yoğunluğu Tersi	Üçgen Bulanık Ölçeğin Tersi
Eşit önemli (E.Ö)	1	(1,1,1)	1/1	(1/1,1/1,1/1)
Bir kriter diğer kriterlere göre biraz üstün (D.G.Ü)	2	(1,2,4)	1/2	(1/4,1/2,1/1)
Bir kriter diğerinden hemen hemen önemli (H.Ö)	3	(1,3,5)	1/3	(1/5,1/3,1/1)
Bir kriter diğerinden güçlü derecede önemli (G.Ü)	5	(3,5,7)	1/5	(1/7,1/5,1/3)
Bir kriter diğerinden çok güçlü derecede önemli (Ç.G.Ö)	7	(5,7,9)	1/7	(1/9,1/7,1/5)
Bir kriter diğer kriterlere göre aşırı derecede önemli (A.Ö)	9	(7,9,11)	1/9	(1/11,1/9,1/7)

Adım 4: Bulanık ağırlıklar kullanılarak, alt kriterlerin global bulanık ağırlıkları hesaplanır.

Adım 5: Global bulanık ağırlık, kriterlerin bulanık ağırlıklarıyla alt kriterlerin bulanık ağırlığının çarpılmasıyla elde edilir. Belirlenen bulanık ağırlıklar alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılır ve her aday için bulanık öncelik değerleri hesaplanır.

Adım 6: Durulaştırma işlemi

Öncelikle alt sınır ve üst sınır değerleri hesaplanır. LB= Alt Sınır; UB= Üst Sınır; (l, m, u) bulanık sayılar ve l= Alt sınır; m= En olası bulanık sayı; u= Üst sınır ve an= Sabit sayı olmak üzere, Alt sınır (LB) Denklem (6) ve üst sınır (UB) Denklem (7) ile belirlenir.

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken birbiri ile karşılaştırılan kriterler için önem yoğunluğu değeri, üçgensel bulanık sayıya Tablo 5'te yer alan bulanık sayılar ölçeği kullanılarak çevrilmektedir.

Adım 3: Kriter ve alt kriterler için bulanık ağırlıklar, bulanık geometrik ortalama yöntemiyle belirlenir. Bulanık ağırlık ve bulanık geometrik ortalamaya ait formüller Denklem (4) ve Denklem (5)'te verilmiştir.

R_i : Bulanık ortalama

W_i : Bulanık ağırlık olmak üzere;

$$R_i = (a_{i1} \otimes a_{i2} \otimes \dots \otimes a_{in})^{1/n} \quad (4)$$

$$W_i = R_i \otimes (R_1 \oplus R_2 \oplus \dots \oplus R_n)^{-1} \quad (5)$$

şeklinde dir.

Kriterler için geometrik ortalama her (l, m, u) üçgensel bulanık sayısı için ayrı olarak hesaplanmaktadır. Geometrik ortalamadan bulanık ağırlık hesabına geçiş yaparken tersi alınan değerler büyükten küçüğe sıralanmalıdır.

Alt Sınır (Lower Bound (LB)):

$$LB = \{[(m - l)x \alpha_n] + l\} \quad (6)$$

Üst Sınır (Upper Bound (UB)):

$$UB = \{u - [(u - m)x \alpha_n]\} \quad (7)$$

Sonra, birleştirilmiş Alt ve Üst Sınır değerleri için öncelikli değerler hesaplanır. Birleştirilmiş alt sınır için Denklem (8) ve birleştirilmiş üst sınır için Denklem (9) kullanılmaktadır.

W_{KL} = k alternatifinin birleştirilmiş alt sınır önceliği olmak üzere;

$$W_{KL} = \frac{\sum_{l=1}^L \alpha_l (LB_k)_l}{\sum_{l=1}^L \alpha_l} \quad (8)$$

$W_{Ku} = k$ alternatifinin birleştirilmiş üst sınır önceliği olmak üzere;

$$W_{Ku} = \frac{\sum_{l=1}^L \alpha_l (UB_k)_l}{\sum_{l=1}^L \alpha_l} \quad (9)$$

şeklinde dir.

Son olarak k alternatifi için durulaştırılmış öncelik değeri (W_{dk}) Denklem (10) ile hesaplanır.

$$W_{dk} = \lambda W_{k(UB)} + (1 - \lambda) W_{k(LB)} \quad \lambda \in [0,1] \quad (10)$$

$W_{dk} = k$ alternatifi için durulaştırılmış öncelik değeri

$\lambda =$ İyimserlik indeksi

λ İyimserlik indeksi uygulamalarda $\lambda = 1$ iyimser, $\lambda = 0,5$ orta ve $\lambda = 0$ kötümser görüşleri belirtmek için kullanılmaktadır.

Adım 7: Öncelik ağırlıkları normalleştirilir ve en yüksek önceliğe sahip alternatif seçilir. Normalleştirme işlemi Denklem (11) yardımıyla yapılır.

$$W_{nk} = \frac{W_{dk}}{\sum_{i=1}^k W_{dk}} \quad (11)$$

$W_{nk} = k$ alternatifi için normalleştirilmiş öncelik değeri

3.3. Düzey Temelli Ağırlık Değerlendirmesi (LBWA)

LBWA yöntemi Žižović ve Pamučar (2019) tarafından literatüre kazandırılmıştır. "n" kriterli bir problem için LBWA yönteminde n-1 karşılaştırma yapılmaktadır. Karşılaştırma sayısının az olması, kriter sayısındaki artışın problemi karmaşıklaştırmaması, uzman tercihlerindeki tutarsızlıkları dikkate alması gibi sebepler LBWA yönteminin bazı avantajlarıdır. Yöntemin adımları aşağıdaki gibidir (Žižović ve Pamučar, 2019):

Adım 1: En önemli kriterin belirlenmesi

$S = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\}$ kriter kümesini oluşturmaktadır. Karar verici/vericiler küme içerisinden en önemli kriteri belirler.

Adım 2: Kriterleri gruplandırma

Kriterler önem düzeylerine göre karar verici tarafından gruplandırılır.

Seviye k ; en önemli kriter bu seviyede yer alan kriterlerden en az k katı (k dahil) en fazla $k+1$ katı (tam $k+1$ katı hariç) daha fazla öneme sahiptir.

Kriterlerin önemi $S(C_j)$ ile gösterilirse $j \in \{1,2, \dots, n\}$ ve $S=S_1 \cup S_2 \cup \dots \cup S_k$ yazılabilir ve her $i \in \{1,2, \dots, k\}$ için;

$S_i = \{C_{i1}, C_{i2}, \dots, C_{in}\} = \{C_j \in S: i \leq s(C_j) < i + 1\}$ geçerlidir.

Adım 3: Kriterlere değer atama

Her bir seviyedeki kriter kendi aralarında önem derecesine göre tamsayı ($I_{ip} \in \{0, 1, \dots, r\}$) ataması yapılır. Seviye içindeki en önemli kriter "0", ikinci önemli kriter "1" şeklinde tamsayı ataması yapılır. En önemli kriter C_j için $I_i=0$ olur ve eğer p . kriter g . kriterden daha önemliyse $I_p < I_q$ olur. Yani seviye içindeki en az öneme sahip kriter en yüksek I değerine sahip olacaktır. r maksimum tamsayı ataması olmak üzere Denklem (12)'de verilen şekilde tanımlanmaktadır.

$$\text{maks}\{|S_1|, |S_2|, \dots, |S_k|\} \quad (12)$$

Adım 4: Esneklik katsayısının belirlenmesi

Bir önceki adımda tanımlanan r değeri baz alınarak bir esneklik katsayısı belirlenir.

r_0 ($r_0 \in \mathbb{R}$) esneklik katsayısı olmak üzere $r_0 > r$ olacak şekilde belirlenir.

Yöntemi literatüre kazandıran Žižović ve Pamučar (2019) tarafından en iyi sonucun r_0 değerinin r 'den büyük en küçük tam sayı olması durumunda ortaya çıktığı belirtilmiştir.

Adım 5: Etki fonksiyonlarının hesaplanması

i: Seviye Sırası

r_0 : Esneklik Katsayısı

I_{ip} : Tamsayı ataması

olacak şekilde kriterlere ait etki fonksiyonları Denklem (13) ile hesaplanır.

$$f(C_{ip}) = \frac{r_0}{i \cdot r_0 + I_{ip}} \quad (13)$$

Adım 6: Kriter önem ağırlıklarının hesaplanması

Son adımda en önemli kriterin ağırlığı hesaplanır ve bu ağırlık değerinden faydalanarak diğer kriter ağırlıkları hesaplanır. En önemli kriter ağırlığı Denklem (14) ve diğer kriterler için önem ağırlıkları Denklem (15) ile hesaplanmaktadır.

$$w_i = \frac{1}{f(C_1) + f(C_2) + \dots + f(C_i) + \dots + f(C_n)} \quad (14)$$

$$w_j = f(C_i) \cdot w_i \quad (15)$$

1. kriter en önemli kriter olarak belirlenirse kriterler için önem ağırlıkları;

$w_2 = f(C_2) \cdot w_1, w_3 = f(C_3) \cdot w_1, \dots, w_n = f(C_n) \cdot w_1$ şeklindedir.

3.4. Karmaşık Oransal Değerlendirme (COPRAS)

COPRAS, kriterlerin önem ve fayda derecelerine göre alternatiflerin sıralamasında kullanılmaktadır. Yöntem karmaşık kriterleri ve çok sayıda alternatifi kolay bir şekilde çözümlenmektedir.

COPRAS yönteminin işlem adımları şu şekildedir (Kaklauskas ve diğ., 2006):

Modelde kullanılan değişkenler şunlardır;

A_i : i. Alternatif $i=1,2,\dots,m$

K_j : j. Değerlendirme kriteri $j=1,2,\dots,n$

w_j : j. Değerlendirme kriterinin ağırlığı $j=1,2,\dots,n$

x_{ij} : j. Değerlendirme kriteri açısından i. alternatifin değeri

Adım 1: Karar matrisi oluşturulur.

Karar matrisi (D) Denklem (16)'da gösterildiği gibi oluşturulur.

$$D = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & \dots & X_{2n} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} & \dots & X_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & X_{m2} & X_{m3} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Adım 2: Normalize karar matrisi Denklem (17) kullanılarak oluşturulur.

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad j=1, 2, \dots, n \quad (17)$$

Adım 3: Ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur.

Kriterlerin ağırlık değerleri (w_j) ile normalize edilmiş karar matrisi çarpılarak, D' ve d_{ij} ile simgelenen ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi Denklem (18) kullanılarak oluşturulur.

$$D' = d_{ij} = x_{ij}^* \cdot w_j \quad (18)$$

Adım 4: S_i^+ ve S_i^- değerlerinin hesaplanması

S_i^+ ve S_i^- değerleri Denklem (19) ve (20) kullanılarak hesaplanmaktadır. Burada S_i^+ faydalı kriterleri temsil ederken, S_i^- faydasız kriterleri temsil etmektedir. Belirlenen amaç için, kriterlerin yüksek değer almasının daha iyi olduğu kabul ediliyor ise bu kriterler faydalı kriter, aksi durumdaki kriterler faydasız kriter olarak adlandırılmaktadır.

$$S_i^+ = \sum_{j=1}^k d_{ij} \quad j=1,2,\dots, k \text{ faydalı kriterler} \quad (19)$$

$$S_i^- = \sum_{j=k+1}^n d_{ij} \quad j=k+1,k+2,\dots,n \text{ faydasız kriterler} \quad (20)$$

Adım 5: Göreceli önem değeri hesaplanır.

Alternatifler için Q_i olarak simgelenen göreceli önem değeri Denklem (21) ile hesaplanmaktadır.

$$Q_i = S_i^+ + \frac{\sum_{i=1}^m S_i^-}{S_i^- \cdot \sum_{i=1}^m \frac{1}{S_i^-}} \quad (21)$$

En iyi alternatif, en yüksek göreceli önem değerine sahip alternatiftir.

Adım 6: En yüksek göreceli öncelik değeri yani Denklem (22)'de verilen Q_{max} belirlenir.

$$Q_{max} = \text{en büyük } \{Q_i\} \quad \forall j = 1,2,\dots,m \quad (22)$$

Adım 7: Performans indeksinin hesaplanması

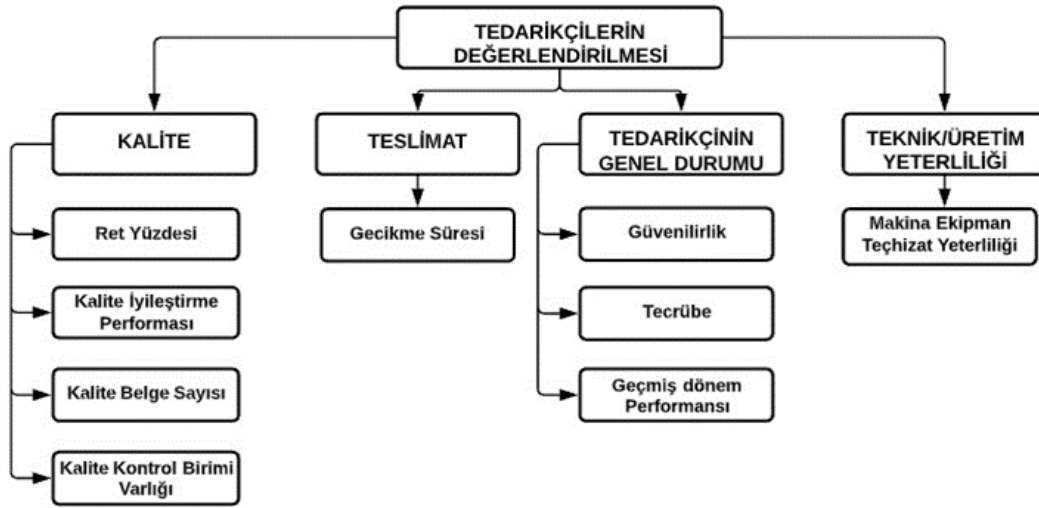
Alternatifler için performans indeksi (P_i) Denklem (23) ile hesaplanmaktadır.

$$P_i = \frac{Q_i}{Q_{max}} \cdot 100\% \quad (23)$$

Performans indeksi 100 olan alternatif en iyi alternatiftir. İndeks değerleri büyükten küçüğe sıralanarak alternatiflerin sıraları elde edilir.

4. Bulgular

Çalışma, demiryolları sektöründe faaliyet gösteren bir kamu kurumunda gerçekleştirilmiştir. Uygulama iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada kriterler AHP, BAHP ve LBWA yöntemleri ile ağırlıklandırılmış, ikinci aşamada ise alternatifler COPRAS yöntemi ile sıralanmıştır. İşletmenin tedarikçi listesinde yer alan 732 tedarikçiden uzman görüşü alınarak 61 tedarikçi çalışmaya dahil edilmiştir. Seçilen 61 tedarikçi, 4 ana kriter ve 9 alt kriter üzerinden değerlendirilmiştir. Alternatifler ve kriterler belirlenirken üç uzman görüşüne başvurulmuştur. Bu aşamada kalite kontrol birim müdürü ve iki kalite mühendisi çalışmaya katkı sağlamıştır. Kalite kontrol birim müdürü 48 yaşında ve 13 yıldır bu görevde bulunmaktadır. Mühendislerden biri 28 yaşında ve 4 yıldır bu görevde çalışmaktadır. Diğer mühendis ise 32 yaşında ve 7 yıldır bu görevde bulunmaktadır. Sektörün özellikleri de dikkate alınarak belirlenen kriterler Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Kriterlerin Hiyerarşik Yapısı

Kriterler belirlenirken, işletmede tutulan raporlar ve dokümanlar analiz edilmiş, elde edilen veriler ışığında nesnel kriterler belirlenmiştir. Sıra öznel kriterlerin seçimine geldiğinde ise kalite kontrol birim müdürü ile bir toplantı düzenlenmiş, liste üzerinden çalışmada kullanılacak kriterler birim müdürü tarafından belirlenmiştir. Ayrıca bahsedilen iki mühendisle görüşmeler yapılarak kriterlerin son şekli verilmiştir.

Çalışmada tek bir alt kritere sahip kriterlerden biri 'Teslimat' kriteridir. Literatür incelendiğinde 'Teslimat' ile ilgili; 'Zamanında Teslim Edilen Mal Yüzdesi', 'Taşımayı Gerçekleştiren Taraf', 'Doğru Miktarda Teslim' gibi alt kriterlerin yer aldığı görülmektedir. Çalışmanın yapıldığı kurumda ise ihale şartları gereğince tüm taşıma süreçlerinden ve zamanında ve doğru miktarda ürünü teslim etmekten tedarikçi firma sorumludur. Kurumda teslimat miktarı ile ilgili bir veri tutulmamaktadır ve teslimat kriteri ile ilgili ulaşılabilen tek veri gecikme süresi ile ilgili veridir. Bu nedenlerle çalışmanın gerçekleştirildiği kurumun özellikleri dikkate alındığında 'Teslimat' kriteri için başka bir alt kriter çalışmaya eklenememiştir.

Diğer taraftan tek bir alt kritere sahip bir diğer kriter ise 'Teknik/Üretim Yeterliliği' kriteridir. Bu kriter için, 'Makine, Ekipman, Teçhizat Yeterliliği' ve 'Personel Niteliği/Yeterliliği' alt kriterleri önerilmiştir. Uzman ile yapılan toplantı sonucunda ihaleye başvurulduğu sırada işletmelerden bu yeterlilikler ile ilgili belgelerin alındığı ve belgeleri tamamlayamayan işletmelerin ihaleye katılım sağlayamadığı belirtilmiştir. Uzman değerlendirmesi sonucunda işletmeleri makine, ekipman, teçhizat yeterlilikleri konusunda, halihazırda istenen asgari yeterliliği sağladıkları varsayımı altında, birbirleri ile kıyaslanarak çalışmaya eklenebileceği belirtilmiştir.

Bu nedenlerle yapılan araştırmalar sonucunda 'Teknik/Üretim Yeterliliği' kriteri için başka bir alt kriter eklemesi yapılamamıştır.

Çalışmada, sayısal puanlama yapılan kriterler için ortalama alınmış, dilsel kriterler ise ilk olarak sayısal ifade edilmiş, daha sonra ortalaması alınmış ve son olarak ortalamanın karşılık geldiği dilsel değişken uzman görüşünü temsil etmiştir.

4.1. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Kriterlerin ağırlıklandırılmasında üç farklı yöntem kullanılarak kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin sıralama üzerindeki etkisi incelenmiş ve literatüre yeni kazandırılan LBWA yönteminin tedarikçi seçimi üzerindeki etkinliği araştırılmıştır.

AHP yöntemi, kriter ağırlıklandırmada sıklıkla kullanılması, etkin çözümler vermesi ve diğer yöntemler ile birlikte kullanılabilir olması sebebi ile çalışmada tercih edilmiştir. Diğer taraftan öznel kriterlerin sayısının fazla olması sebebi ile BAHF yöntemi çalışmaya dahil edilmiştir. LBWA yöntemi ise literatüre yeni kazandırılmış olması ve tedarikçi seçimi üzerindeki etkinliğinin değerlendirilmesi konusunda literatürdeki eksikliğin giderilmesi amacıyla ile çalışmaya dahil edilmiştir.

4.1.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Uygulama için belirlenen kriterler; işletme veri tabanından elde edilen nesnel veriler, uzman tarafından değerlendirilen öznel veriler ve tedarikçilerin kurumsal sayfalarından elde edilen verileri içermektedir. Her bir kriter Saaty'nin önem dereceleri ölçeğine göre uzman tarafından puanlanmıştır. Daha sonra ana ve alt kriterlerin ikili karşılaştırılması yapılmış, geometrik ortalama yöntemi kullanılarak göreceli önem vektörleri

hesaplanmıştır. Denklem (1-3)'e göre tutarlılık testleri yapılmış ve tüm matrislerin tutarlı olduğu görülmüştür. Son olarak ana kriter ve alt kriterlerin görelî önem vektörleri çarpılarak bileşik görelî önem vektörü hesaplanmıştır. Görelî önem vektörleri ve bileşik görelî önem vektörleri Tablo 6'da verilmiştir.

Yöntem sonucunda en önemli kriter 'Gecikme Süresi' olarak belirlenmiş olup 2. sırada 'Ret Yüzdesi', 3. sırada ise 'Makine Ekipman Teçhizat Yeterliliği' kriteri bulunmuştur.

4.1.2. Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP)

Yöntemin ilk adımı Hiyerarşik AHP modelinin oluşturulmasıyla başlamaktadır. Hiyerarşik yapı Şekil 2'de belirtilmiştir. Uygulamanın devamında Klasik AHP'de oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri üçgensel bulanık sayı dönüştürme cetveli kullanılarak bulanık sayılara çevrilmiştir. Ana kriterlerin bulanık sayılar ile ifade edilmesi Tablo 7'de gösterilmiştir.

Elde edilen ikili karşılaştırma matrisleri durulaştırılarak geometrik ortalamalar hesaplanmıştır. Geometrik ortalama Denklem (4) ve (5) yardımı ile her (l, m, u) üçgensel bulanık sayısı için hesaplanmaktadır. Elde edilen sonuçlar Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 6

Görelî ve Bileşik Görelî Önem Vektörleri

Ana Kriterler	GÖV	Alt Kriterler	GÖV	BGÖV
Kalite	0,375	Ret Yüzdesi	0,4669	0,1751
		Kalite İyileştirme Performansı	0,1603	0,0601
		Kalite Belge Sayısı	0,0953	0,0357
		Kalite Kontrol Birimi Varlığı	0,2776	0,1041
Teslimat	0,2917	Gecikme Süresi	0,2917	0,2917
Genel Durum	0,2083	Güvenilirlik	0,4000	0,0833
		Tecrübe	0,2000	0,0417
		Geçmiş Dönem Performansı	0,4000	0,0833
T/Ü Yeterliliği	0,1250	Makine Ekipman Teçhizat Yeterliliği	0,1250	0,1250

Tablo 7

Ana Kriterler İçin İkili Karşılaştırma Matrisi

	Kalite	Teslimat	Genel Durum	T/Ü Yeterliliği
Kalite	(1,1,2)	(1,2,3)	(2,3,4)	(3,4,5)
Teslimat	(1/3,1/2,1)	(1,1,2)	(1,2,3)	(2,3,4)
Genel Durum	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1,1,2)	(1,2,3)
T/Ü Yeterliliği	(1/5,1/4,1/3)	(1/4,1/3,1/2)	(1/3,1/2,1)	(1,1,2)

Tablo 8

Ana Kriterlerin Bulanık Ağırlıkları

	Geometrik Ortalama			Bulanık Ağırlık			Ortalama	Normalizasyon
	l	m	u	l	m	u	Mi	Ni
Kalite	1,565	2,213	3,309	0,206	0,467	0,985	0,553	0,448
Teslimat	0,901	1,316	2,213	0,119	0,278	0,659	0,352	0,285
Genel Durum	0,536	0,758	1,316	0,071	0,160	0,392	0,207	0,168
T/Ü Yet.	0,358	0,450	0,758	0,047	0,095	0,226	0,123	0,099

Son olarak ana ölçüt ve alt ölçütler için hesaplanan bulanık ağırlıklar birleştirilerek global bulanık ağırlık değerleri hesaplanmaktadır. Global puanların sıralanması ile nihai kriter sırası oluşturulmaktadır. Her bir kriter için global ağırlık puanları Tablo 9'da

verilmektedir. Yöntem sonucunda en önemli kriter 'Gecikme Süresi' olarak belirlenmiş olup 2. sırada 'Ret Yüzdesi', 3. sırada ise 'Kalite Kontrol Birimi Varlığı' gelmektedir.

Tablo 9

Global Bulanık Ağırlıklar

Ana Kriterler	Ana Kriter Ağırlıkları	Alt Kriterler	Alt Kriter Ağırlıkları	Global Ağırlık
Kalite	0,4478	Ret Yüzdesi	0,4580	0,2051
		Kalite İyileştirme Performansı	0,1490	0,0667
		Kalite Belge Sayısı	0,1016	0,0455
		Kalite Kontrol Birimi Varlığı	0,2914	0,1305
Teslimat	0,2849	Gecikme Süresi	0,2849	0,2849
Genel Durum	0,1680	Güvenilirlik	0,4211	0,0707
		Tecrübe	0,2229	0,0374
		Geçmiş Dönem Performansı	0,3560	0,0598
T/Ü Yeterliliği	0,0993	Makine Ekipman Teçhizat Yeterliliği	0,0993	0,0993

4.1.3 Düzey Temelli Ağırlık Değerlendirmesi (LBWA)

LBWA Yöntemi uygulanırken ilk olarak kriter kümesi oluşturulmaktadır. 9 kriterin yer aldığı uygulama için kriter kümesi $S = \{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9\}$ (ret yüzdesi, kalite iyileştirme performansı, kalite belge sayısı, kalite kontrol biriminin varlığı, gecikme süresi, güvenilirlik, tecrübe, geçmiş dönem performansı, makina ekipman teçhizat yeterliliği) şeklindedir.

Uzman görüşü alınarak en önemli kriter C_1 (ret yüzdesi) olarak belirlenmiştir. Her bir kriter en önemli kriter ile kıyaslanarak kriter seviyeleri oluşturulmuştur. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, kriter seviyeleri oluşturulurken alt kriter puanları değil ana kriter puanları dikkate alınarak seviyelendirme yapılmasıdır. Bu yaklaşım ile AHP'deki hiyerarşik yapı korunmaktadır. Oluşturulan seviyeler; 1. seviye 'kalite ve teslimat' ana kriterleri altında yer alan C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 alt kriterleri, 2. seviye 'tedarikçinin genel durumu' ana kriteri altında yer alan C_6, C_7, C_8 alt kriterleri ve 3. seviye 'teknik/üretim yeterliliği' ana kriteri altında yer alan C_9 alt kriteridir.

Her bir kriter değer ataması yapıldıktan sonra r değeri Denklem (12) kullanılarak hesaplanmıştır. Uygulamanın devamında sırasıyla; esneklik katsayısı (r_0) belirlenmiş, etki fonksiyonu (f) ve kriter önem ağırlıkları (w) hesaplanmıştır.

Esneklik katsayısı, $r_0 > r$ olacak şekilde belirlenmiştir. Farklı esneklik katsayılarının sıralama üzerinde etkisinin olup olmadığı duyarlılık analizi ile incelenmiş ve sıralamanın farklı esneklik katsayılarından etkilenmediği gözlemlenmiştir. Etki fonksiyonu, Denklem (13) kullanılarak hesaplanmıştır. Kriter ağırlıkları hesaplanırken iki farklı Denklem kullanılmaktadır. Denklem (14) en önemli kriter ağırlığının belirlenmesinde kullanılırken Denklem (15) diğer kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Uygulamadan elde edilen etki fonksiyonları ve ağırlıklar Tablo 10'da verilmiştir. Yöntem sonucunda en önemli kriter 'Ret Yüzdesi' ve 'Gecikme Süresi' olup eşit ağırlıktadır. 2. sırada 'Kalite Kontrol Biriminin Varlığı', 3. sırada ise 'Kalite İyileştirme Performansı' gelmektedir.

Tablo 10

Kriterler İçin Etki Fonksiyonları ve Ağırlıklar

Kriter	Atanan Değer	Etki Fonksiyonu	Kriter Ağırlığı
Seviye 1	I	F	w
C_1	0	1,000	0,17834
C_2	2	0,750	0,13376
C_3	3	0,667	0,11890
C_4	1	0,857	0,15287
C_5	0	1,000	0,17834
Seviye 2			
C_6	0	0,500	0,08917
C_7	1	0,462	0,08231
C_8	0	0,500	0,08917
Seviye 3			
C_9	0	0,333	0,05945

4.2. Alternatiflerin Seçimi

4.2.1. Karmaşık Oransal Değerlendirme (COPRAS)

Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan üç farklı yöntemin (AHP, BAHP ve LBWA) her biri COPRAS ile birleştirilerek alternatiflerin sırası belirlenmiştir. Öncelikle karar matrisi Denklem (17) kullanılarak normalize edilmiştir. Ardından, AHP yönteminde elde edilmiş olan ağırlıklar kullanılarak Denklem (18) yardımıyla ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. Faydalı kriterler 'Kalite İyileştirme Performansı', 'Kalite Belge Sayısı', 'Kalite Kontrol Biriminin Varlığı', 'Güvenilirlik', 'Tecrübe', 'Geçmiş Dönem Performansı' ve 'Makine Ekipman Teçhizat Yeterliliği' olarak belirlenmiştir. Faydasız kriterler ise 'Ret Yüzdesi' ve 'Gecikme Süresi' olarak belirlenmiştir. S_i^+ ve S_i^- değerleri Denklem (19) ve Denklem (20) kullanılarak hesaplanmıştır. S_i^+ ve S_i^- değerleri

hesaplandıktan sonra alternatifler için göreceli önem vektörü (Q_i) Denklem (21) kullanılarak hesaplanmıştır.

Son adımda alternatifler için performans indeksi (P_i) Denklem (23)'ten yararlanılarak hesaplanmıştır. Uygulama sonucu AHP yöntemi için elde edilen P_i değerleri Tablo 11'de verilmiştir. Elde edilen sıralamaya göre performans değeri en yüksek tedarikçi 100 puan ile Tdr48 olarak belirlenmiştir. İzleyen sırada 97,49 puan ile Tdr18 ve 85,73 puan ile Tdr21 gelmektedir.

BAHP ile elde edilen sıralamaya göre performans değeri en yüksek tedarikçi 100 puan ile Tdr48 olarak belirlenmiştir. İzleyen sırada 98,16 puan ile Tdr18 ve 85,87 puan ile Tdr21 gelmektedir (Tablo 11). LBWA ile elde edilen sıralamaya göre performans değeri en yüksek tedarikçi 100 puan ile Tdr18 olarak belirlenmiştir. İzleyen sırada 98,41 puan ile Tdr48 ve 86,50 puan ile Tdr21 gelmektedir. Tablo 11'de her bir yöntem için tüm alternatiflerin puanları verilmiştir.

Tablo 11

Her Bir Yöntem İçin Alternatiflerin P_i Puanları

Alternatif	AHP	BAHP	LBWA	Alternatif	AHP	BAHP	LBWA
Tdr1	12,63	11,99	20,20	Tdr32	13,07	11,95	16,94
Tdr2	9,11	8,66	15,05	Tdr33	4,97	4,40	9,20
Tdr3	13,27	11,66	16,08	Tdr34	8,11	7,84	13,55
Tdr4	12,50	11,77	21,72	Tdr35	3,67	3,03	5,81
Tdr5	10,84	9,77	15,04	Tdr36	5,22	5,45	9,31
Tdr6	24,13	23,13	27,38	Tdr37	2,67	2,49	5,62
Tdr7	17,95	17,19	22,83	Tdr38	4,82	3,91	6,31
Tdr8	15,67	13,90	18,08	Tdr39	9,66	9,18	15,47
Tdr9	13,19	12,50	20,18	Tdr40	11,09	10,23	15,87
Tdr10	3,22	2,60	4,58	Tdr41	10,47	9,83	17,15
Tdr11	11,17	10,16	17,01	Tdr42	8,17	6,69	11,45
Tdr12	10,10	8,82	13,95	Tdr43	11,63	10,62	14,92
Tdr13	9,66	7,99	11,51	Tdr44	32,06	31,48	38,17
Tdr14	6,12	4,98	8,68	Tdr45	5,81	4,84	8,52
Tdr15	8,07	7,84	13,47	Tdr46	11,76	11,09	19,63
Tdr16	4,54	3,67	5,74	Tdr47	14,99	14,11	21,17
Tdr17	32,59	31,99	36,65	Tdr48	100,00	100,00	98,41
Tdr18	97,49	98,16	100,00	Tdr49	8,25	7,24	8,54
Tdr19	9,28	8,29	12,40	Tdr50	7,54	7,14	11,48
Tdr20	14,31	13,52	20,22	Tdr51	12,65	11,81	19,00
Tdr21	85,73	85,87	86,50	Tdr52	13,04	12,43	19,92
Tdr22	6,06	4,90	8,09	Tdr53	17,19	15,44	20,42
Tdr23	22,60	21,91	28,12	Tdr54	21,88	20,23	20,36
Tdr24	9,86	9,81	18,90	Tdr55	2,80	2,45	5,25
Tdr25	4,18	3,60	6,20	Tdr56	9,37	9,03	16,44
Tdr26	6,62	5,54	10,02	Tdr57	7,78	7,29	11,84
Tdr27	5,15	4,35	7,95	Tdr58	13,20	12,73	24,65
Tdr28	11,30	10,43	18,14	Tdr59	10,42	10,10	17,52
Tdr29	2,18	2,09	4,80	Tdr60	3,36	2,86	5,89
Tdr30	9,57	8,92	14,78	Tdr61	16,44	15,61	21,76
Tdr31	9,86	9,29	16,40				

5. Sonuçlar

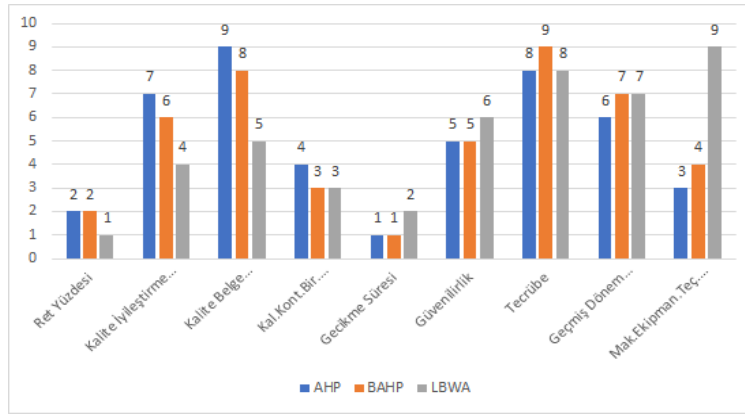
Çalışmada, demiryolları sektöründe faaliyet gösteren bir kamu kurumunda tedarikçi değerlendirme problemi ele alınmıştır. Kullanılan kriterler uzman görüşü ile belirlenmiş olup 9 kriter üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Kriterlerin ve alt kriterlerin seçimi aşamasında 4734 sayılı kamu ihale kanunu ile "Bulgular" bölümünde yapılan açıklamalar göz önünde bulundurulmuştur. İşletmenin tedarikçi listesinde yer alan 61 tedarikçi için değerlendirme yapılmıştır.

Çalışmada belirtilmesi gereken iki kısıt bulunmaktadır: Bu kısıtlardan ilki, çalışmanın kamu kurumunda gerçekleştirilmesi ve tedarikçiler ile yapılacak anlaşmaların Kamu İhale Kanunu'na göre belirleniyor olmasıdır. Bu durum çalışma üzerinde özellikle kriterlerin belirlenmesi konusunda sınırlayıcı olmuştur. Çalışmadaki bir diğer kısıt ise süre ile ilgilidir. Süre kısıtı nedeniyle çalışmanın kapsamı tek bir yılın verilerini içerecek şekilde sınırlandırılmıştır. Çalışmada farklı

kriter ağırlıklandırma yöntemlerinin, alternatiflerin sırası üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu doğrultuda kriter ağırlıklandırma yöntemi olarak literatüre yeni kazandırılan LBWA yöntemi ile tedarikçi değerlendirme problemleri üzerindeki etkinliği kanıtlanmış olan AHP ve BAHP yöntemleri kullanılmıştır. Alternatiflerin sıralanmasında ise COPRAS yöntemi tercih edilmiştir.

Şekil 3'te bu çalışmada kullanılan her üç kriter ağırlıklandırma yöntemi - AHP, BAHP ve LBWA - ile elde edilen kriter sıralamaları verilmiştir. Sıralamalar incelendiğinde AHP ve BAHP yöntemlerinin kriterleri benzer şekilde sıraladığı, buna karşın LBWA ile elde edilen sıralamanın daha farklı olduğu görülmektedir.

Uzman görüşü ile belirlenen en önemli tedarikçi seçimi kriteri 'Kalite' ana kriteri olup LBWA yöntemi ile elde edilen sıralamada 'Kalite' alt kriterlerinin ağırlık puanlarının diğer yöntemlerden elde edilen puanlara göre daha yüksek çıktığı görülmüştür.



Şekil 3. Yöntemlere Göre Kriter Sıraları

Tablo 12'de 61 tedarikçinin yöntemler temelinde sıraları verilmektedir. Buna göre Tdr6, Tdr17, Tdr18, Tdr21, Tdr23, Tdr44 ve Tdr48 en iyi yedi tedarikçi olup her üç yöntemde de benzer şekilde sıralanmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, öznel kriterlerin fazla olduğu durumlarda AHP yönteminin belirsizlikleri gidermede eksik kaldığı, bu sebeple BAHP yönteminin tercih edildiği gözlemlenmiştir. Buna karşın çalışmamızda öznel kriterler sayıca fazla olmasına rağmen sıralamada her iki yöntem de benzer sonuçlar vermiştir.

Uygulamanın amaçlarından biri de literatüre yeni kazandırılan LBWA yönteminin tedarikçi değerlendirme problemi üzerindeki etkinliğinin araştırılmasıdır. LBWA yönteminin etkinliği araştırılırken, hali hazırda tedarikçi değerlendirme problemleri üzerindeki etkinliği kanıtlanmış olan AHP ve BAHP yöntemlerinden elde edilen sonuçlar ve uzman görüşü referans alınmıştır.

Elde edilen sıralamalar incelendiğinde ve uzman görüşüne de başvurulduğunda, firma için en iyi sıralamanın LBWA-COPRAS yönteminden elde edilen sıralama olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak LBWA yönteminin tedarikçi değerlendirme problemlerinde etkin sonuçlar verdiği görülmüştür. Yöntem tercih edilirken kriter ağırlıklarının uzman görüşünden etkilendiği göz önünde bulundurulmalıdır.

Literatür incelendiğinde kamu sektöründe tedarikçi seçimi problemine yeterince yer verilmediği gözlemlenmiştir. Bu durumun temel sebebi kamu sektöründe görülen çeşitli kısıtlamalardır. Bu kısıtlamalardan biri, kamu sektöründe alımların kamu ihale kanununa göre yapılmasıdır. Kamu ihale kanunu, uygulamada kullanılacak kriterleri de sınırlamaktadır. Buna göre, mevcut çalışmanın bir kamu kurumunda uygulanarak literatürde yer alan bu boşluğu doldurması hedeflenmiştir. Bu şekilde kamu kurumunda

kullanılabilecek kriterler konusunda literatüre katkı sağlamaktadır.

6. Yönetmelik Bulgular ve Gelecek Çalışma Önerileri

Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulamada kullanılan kriterler birçok açıdan analiz edilerek kamu kurumları için uygun hale getirilmiştir. Bu sebeple, kamu kurumlarında tedarikçi seçim problemi üzerine çalışılmak istendiği takdirde çalışmada kullanılan kriterler referans alınabilir.

Çalışmanın sonucu LBWA-COPRAS yöntemi ile elde edilen sıralamanın en iyi sıralama olduğunu göstermektedir. LBWA yönteminin tedarikçi seçim

problemleri üzerinde başarılı sonuçlar verdiği görülmekte olup tedarikçi seçimi konusunda yapılacak olan çalışmalarda LBWA yöntemi kullanılabilir.

Bu çalışmada LBWA yöntemi AHP ve BAHP yöntemleri ile karşılaştırılmıştır. İleride yapılacak olan çalışmalarda yöntem başka yöntemler ile karşılaştırılabilir. Ayrıca COPRAS dışında, alternatif sıralanmasında kullanılan diğer yöntemler ile entegre edilip edilemeyeceği araştırılabilir.

Kısaca, gelecek çalışmalarda kamu sektörüne uygun bir şekilde kriterler genişletilebilir. Ayrıca LBWA yönteminin diğer yöntemlerle başarılı bir şekilde entegre edilip edilemeyeceği incelenebilir ve bu entegre yöntemlerin tedarikçi seçimi problemi üzerindeki etkinliği araştırılabilir.

Tablo 12

Tedarikçilerin AHP, BAHP ve LBWA Yöntemleri Kullanılarak Elde Edilmiş Sıralamaları

Alternatif	AHP	BAHP	LBWA	Alternatif	AHP	BAHP	LBWA
Tdr1	21	18	16	Tdr32	18	19	27
Tdr2	39	37	33	Tdr33	52	51	47
Tdr3	15	22	30	Tdr34	42	40	38
Tdr4	22	21	11	Tdr35	56	56	56
Tdr5	28	31	34	Tdr36	50	47	46
Tdr6	6	6	7	Tdr37	60	59	58
Tdr7	9	9	9	Tdr38	53	53	53
Tdr8	12	13	23	Tdr39	34	33	32
Tdr9	17	16	17	Tdr40	27	26	31
Tdr10	58	58	61	Tdr41	29	29	25
Tdr11	26	27	26	Tdr42	41	45	44
Tdr12	31	36	37	Tdr43	24	24	35
Tdr13	35	39	42	Tdr44	5	5	4
Tdr14	47	48	48	Tdr45	49	50	50
Tdr15	43	41	39	Tdr46	23	23	19
Tdr16	54	54	57	Tdr47	13	12	12
Tdr17	4	4	5	Tdr48	1	1	2
Tdr18	2	2	1	Tdr49	40	43	49
Tdr19	38	38	40	Tdr50	45	44	43
Tdr20	14	14	15	Tdr51	20	20	20
Tdr21	3	3	3	Tdr52	19	17	18
Tdr22	48	49	51	Tdr53	10	11	13
Tdr23	7	7	6	Tdr54	8	8	14
Tdr24	33	30	21	Tdr55	59	60	59
Tdr25	55	55	54	Tdr56	37	34	28
Tdr26	46	46	45	Tdr57	44	42	41
Tdr27	51	52	52	Tdr58	16	15	8
Tdr28	25	25	22	Tdr59	30	28	24
Tdr29	61	61	60	Tdr60	57	57	55
Tdr30	36	35	36	Tdr61	11	10	10
Tdr31	32	32	29				

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Meryem ULUSKAN, makale konusunun kararlaştırılması, yöntemlerin belirlenmesi, araştırma sonuçlarının incelenmesi, bilimsel yazın araştırması ve makalenin oluşturulması; Dilşad TOPUZ, makale konusunun kararlaştırılması, bilimsel yazın araştırması, veri derleme, yöntemlerin belirlenerek uygulanması ve makalenin oluşturulması; Cansel ÇİMEN, makale konusunun kararlaştırılması, bilimsel yazın araştırması, veri derleme, yöntemlerin belirlenerek uygulanması ve makalenin oluşturulması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Akar, G. S. ve Çakır, E. (2016). Lojistik sektöründe bütünleştirilmiş bulanık AHP-MOORA yaklaşımı ile personel seçimi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 14(2), 185-199. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/203632>
- Benyoucef, L., Ding, H. & Xie, X. (2003). *Supplier selection problem: Selection criteria and methods (Report No. 4726)*. Unité de recherche INRIA Lorraine: HAL Open Science. Retrieved from <https://hal.inria.fr/inria-00071860>
- Biswas, S. & Pamučar, D. (2020). Facility location selection for b-schools in Indian context: A multi-criteria group decision based analysis. *Axioms*, 9(3), 77. doi: <https://doi.org/10.3390/axioms9030077>
- Božanić, D., Jurišić, D. & Erkić, D. (2020b). LBWA-Z-MAIRCA model supporting decision making in the army. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 3(2), 87-110. doi: <https://doi.org/10.31181/oresta2003087b>
- Božanić, D., Ranđelović, A., Radovanović, M. & Tešić, D. (2020a). A hybrid LBWA-IR-MAIRCA multi-criteria decision-making model for determination of constructive elements of weapons. *Facta Universitatis Series Mechanical Engineering*, 18(3), 399-418. doi: <https://doi.org/10.22190/FUME200528033B>

Cheng, C. H. & Mon, D. L. (1994). Evaluating weapon system by analytical hierarchy process based on fuzzy scales. *Fuzzy Sets and Systems*, 63(1), 1-10. doi: [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(94\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0165-0114(94)90140-6)

Çınaroğlu, E. (2019). Fortune 500 listesinde yer alan otomotiv sektörü firmalarının SWARA destekli COPRAS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), 593-611. doi: <https://doi.org/10.18074/ckuiibfd.548359>

Dağdeviren, M. ve Eren, T. (2001). Tedarikçi firma seçiminde analitik hiyerarşi prosesi ve 0-1 hedef programlama yöntemlerinin kullanılması. *Gazi Üniversitesi Mimarlık Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 16(2), 41-52. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/76413>

Dickson, G. W. (1966). An analysis of vendor selection systems and decisions. *Journal of Purchasing*, 2(1), 5-17. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-493X.1966.tb00818.x>

Durmaz, D. E., Akgündüz E. ve Şahin, R. (2017). Tedarikçi seçim probleminde Hedef Programlama ve Moora yöntemi: Uygulama çalışması. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(3), 1021-1044. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/459758>

Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N. (2010). ELECTRE ve bulanık AHP yöntemleri ile bir işletme için bilgisayar seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 25(2), 23-45. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/211043>

Ghodsypour, S. H. & O'Brien, C. (1998). A decision support system for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming. *International Journal of Production Economics*, 56(57), 199-212. doi: [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(97\)00009-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(97)00009-1)

Güner, H. (2005). *Bulanık AHP ve bir işletme için tedarikçi seçim probleminde uygulanması* (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli. Erişim adresi: <http://acikerisim.pau.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11499/1203/Hacer%20Güner.pdf>

- Jokić, Z., Božanić, D. & Pamučar, D. (2021). Selection of fire position of mortar units using LBWA and fuzzy MABAC model. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications*, 4(1), 115-135. doi: <https://doi.org/10.31181/oresta20401156j>
- Kaklauskas, A., Zavadskas, E. K., Raslanas, S., Ginevicius, R., Komka, A. & Malinauskas, P. (2006). Selection of low-e windows in retrofit of public buildings by applying multiple criteria method COPRAS: A lithuanian case. *Energy and Buildings*, 38(5), 454-462. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.08.005>
- Kara, İ. ve Ecer, F. (2016). AHP-VIKOR entegre yöntemi ile tedarikçi seçimi: Tekstil sektörü uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(2), 255-272. doi: <https://doi.org/10.16953/deusbed.78956>
- Karaatlı, M. ve Davras, G. (2014). Tedarikçi seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Hedef Programlama yöntemlerinin kombinasyonu: Otel işletmelerinde bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 12(24), 182-196. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/203336>
- Kaya, Ö. O. (2010). *Bulanık hedef programlama yaklaşımı ile tedarikçi seçimi* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Sistem Mühendisliği Programı, İstanbul. Erişim adresi: <http://dspace.yildiz.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/1/2389/0047363.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ömürbek, N. ve Akçakaya, E. (2018). Forbes 2000 listesinde yer alan havacılık sektöründeki şirketlerin ENTROPİ, MAUT, COPRAS ve SAW yöntemleri ile analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(1), 257-278. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sduiibfd/issue/52998/703202>
- Özçelik, T. O. ve Eryılmaz, S. A. (2019). Traktör imalatında çok kriterli karar verme yöntemleri ile tedarikçi seçimi [Özel sayı]. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 498-512. doi: <https://doi.org/10.31590/ejosat.590418>
- Pamučar D., Behzad M., Božanić D. & Behzad M. (2021). Decision making to support sustainable energy policies corresponding to agriculture sector: Case study in Iran's Caspian Sea coastline. *Journal of Cleaner Production*, 292, 125302. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125302>
- Pamučar, D., Deveci, M., Canitez, F. & Lukovac, V. (2020b). Selecting an airport ground access mode using novel fuzzy LBWA-WASPAS-H decision making model. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 93, 103703. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103703>
- Pamučar, D., Žižović, M., Marinković, D., Doljanica, D., Jovanović, S.V. & Brzaković, P. (2020a). Development of a multi-criteria model for sustainable reorganization of a healthcare system in an emergency situation caused by the Covid-19 pandemic. *Sustainability*, 12(18), 7504. doi: <https://doi.org/10.3390/su12187504>
- Prakash T. N. (2003). Land suitability analysis for agricultural crops: A fuzzy multi-criteria decision making approach. *International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede*, 1(68), 61-84. Retrieved from http://www.iirs.gov.in/iirs/sites/default/files/StudentThesis/final_thesis_prakash.pdf
- Saaty, T. L. (1971). On polynomials and crossing numbers of complete graphs. *Journal of Combinatorial Theory Series A*, 10(2), 183-184. doi: [https://doi.org/10.1016/0097-3165\(71\)90024-0](https://doi.org/10.1016/0097-3165(71)90024-0)
- Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *INFORMS Journal on Applied Analytics*, 24(6), 19-43. doi: <https://doi.org/10.1287/inte.24.6.19>
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98. doi: <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- Saaty, T. L. & Niemira, M. P. (2006). A framework for making a better decision. *Research Review*, 13(1), 1-4. Retrieved from https://www.who.int/immunization/sage/2_Framework_Better_decision_Saaty.pdf
- Saaty, T. L. & Tran, L. T. (2007). On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the analytic hierarchy process. *Mathematical and Computer Modelling*, 46(7-8), 962-975. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2007.03.022>
- Supçiller, A. A. ve Çapraz O. (2011). AHP-TOPSIS yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması [Özel

- sayı]. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 0(13), 1-22. Erişim adresi:
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/iuekois/issue/8980/112036>
- Ting, S. C. & Cho, D. I. (2008). An integrated approach for supplier selection and purchasing decisions. *Supply Chain Management: An International Journal*, 13(2), 116-127. doi:
<https://doi.org/10.1108/13598540810860958>
- Torkayesh, A. E., Pamučar, D., Ecer, F. & Chatterjee, P. (2021). An integrated BWM-LBWA-CoCoSo framework for evaluation of healthcare sectors in Eastern Europe. *Socio-Economic Planning Sciences*, 78, 101052. doi:
<https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101052>
- Van Laarhoven, P. J. & Pedrycz, W. (1983). A Fuzzy Extension of saaty's priority theory. *Fuzzy Sets and Systems*, 11 (1-3), 229-241. doi:
[https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(83\)80082-7](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(83)80082-7)
- Yazdani, M., Pamučar, D., Chatterjee, P. & Torkayesh, A. E. (2021). A multi-tier sustainable food supplier selection model under uncertainty. *Operations Management Research*. 15(1), 116-145. doi:
<https://doi.org/10.1007/s12063-021-00186-z>
- Yıldırım, B. F. ve Timor, M. (2019). Bulanık ve gri COPRAS yöntemleri kullanılarak tedarikçi seçim modeli geliştirilmesi. *Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi*, 6(2), 283-310. doi:
<https://doi.org/10.17541/optimum.548505>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy algorithms. *Information and Control*, 12(2), 94-102. doi:
[https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(68\)90211-8](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(68)90211-8)
- Zavadskas, E. K., Kaklauskas, A. & Sarka, V. (1994). The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects. *Technological And Economic Development of Economy*, 1(3), 131-139. Retrieved from
<https://www.researchgate.net/publication/285902199>
- Žižović, M. & Pamučar, D. (2019). New model for determining criteria weights: Level based weight assessment (LBWA) model, *Decision Making. Applications in Management and Engineering*, 2(2), 2620-0104. Retrieved from
<https://doi.org/10.31181/dmame1902102z>