



Determining the best recovery option under different corporate objectives via fuzzy based MCDM techniques

Sevan Katrancıoğlu¹, Hüseyin Selçuk Kılıç², Zeynep Tuğçe Kalender^{2,3}, Çiğdem Alabaş Uslu^{2*}

¹Department of Industrial Engineering, Institution of Pure and Applied Sciences, Marmara University, 34722, Kadıköy, İstanbul, Türkiye

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Marmara University, 34854, Maltepe, İstanbul, Türkiye

³Department of Enterprise Management and Economics, Faculty of Mechanical Engineering, Czech Technical University in Prague, 11000, Prague, Czechia

Highlights:

- Recovery decisions for rental products
- Decision making according to different department goals
- Determination of recovery option with multi criteria decision making techniques

Keywords:

- Recovery options
- Rental products
- Sustainability
- Multi criteria decision making
- SF-AHP
- SF-TOPSIS

Article Info:

Research Article

Received: 17.10.2022

Accepted: 17.09.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1190745

Correspondence:

Author: Çiğdem Alabaş Uslu
e-mail:
cigdem.uslu@marmara.edu.tr
phone: +90 535 636 4961

Graphical/Tabular Abstract

Creating a closed-loop economy by recycling used products is of great importance in terms of ensuring economic and environmental sustainability. In order to maximize the benefit obtained from the recovery process, it is of great importance that the products are included in the system according to the most suitable recovery option. One of the most important product types within the scope of the recycling process is rental products, which are covered in this study. Due to the nature of rental products, frequently entering the recycling process makes the need to determine the most suitable recovery option even more important. In the relevant decision process, one of the situations encountered in practice is that different departments of the institutions have different objectives. The selection ratio of recovery options may differ according to the departments shown in Figure A. With this study, it is aimed to present a structure where scores can be generated for each recovery option considering the objectives of different departments. In this structure, Spherical Fuzzy AHP (SF-AHP) and Spherical Fuzzy TOPSIS (SF-TOPSIS) from fuzzy Multi-Criteria Decision Making (MCDM) techniques are used in an integrated manner.

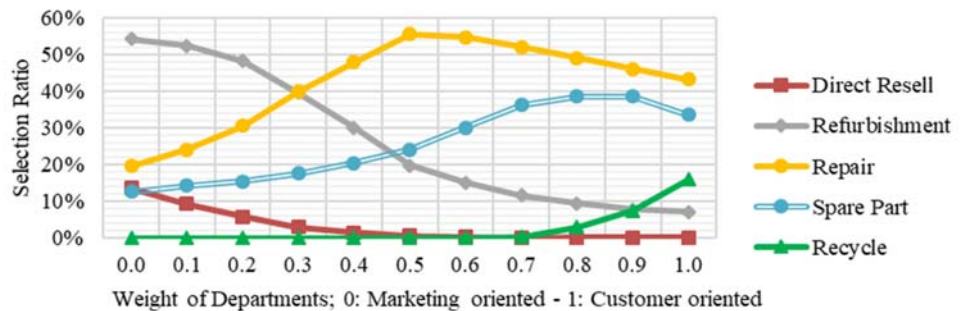


Figure A. Selection ratio change according to the department weights

Purpose: In companies where there are departments with different goals, it is aimed to realize the recovery decision with the lowest cost for the company. This decision-making process has been examined especially in rental products with high returns due to their nature.

Theory and Methods: In this model, Spherical Fuzzy AHP (SF-AHP) and Spherical Fuzzy TOPSIS (SF-TOPSI) from Multi-Criteria Decision-Making techniques (MCDM) are Used. In the integrated MCDM model created, a total of (3^{12}) 531,441 input combinations were evaluated for 3 different situations of 12 evaluation criteria.

Results: As a general trend, in cases where the marketing-oriented approach is of great importance, it is observed that the recovery options that allow the devices to stay in the system longer with the least cost come to the fore. In this context, while refurbishment has the highest rate with 54.1%, raw material conversion is the least option with 0%. On the other hand, in cases where the customer-oriented approach is taken as a basis, the maintenance/repair, where radical repairs and renewals are made in order not to cause problems for the customer, has the highest rate with 43.2%, while direct sales, which has the highest risk for the customer, has the lowest rate with 0.1%. has gained value.

Conclusion: The model was run on data set obtained by leading telecommunication firm in Turkey. The results obtained were found useful in the company's analysis of the recovery decisions made and in predicting its future decisions. In addition, the application of the developed MCDM model to sectors other than non-leasable products and/or telecommunication sector is among the planned studies.



Farklı kurumsal amaçlar altında bulanık ÇKKV tekniklerine dayalı en iyi geri kazanım opsiyonunun belirlenmesi

Sevan Katrancıoğlu¹, Hüseyin Selçuk Kılıç², Zeynep Tuğçe Kalender^{2,3}, Çiğdem Alabaş Uslu^{2*}

¹Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34722, Kadıköy, İstanbul, Türkiye

²Marmara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 34854, Maltepe, İstanbul, Türkiye

³Prag Çek Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, İşletme Yönetimi ve Ekonomi Bölümü, 11000, Prag, Çekya

Ö N E Ç İ K A N L A R

- Kiralık ürünler için geri kazanım kararları
- Farklı departmanın çelişen hedeflerine göre karar verme
- KB-AHP ve KB-TOPSIS bütünlük yöntemiyle geri kazanım opsiyonu belirleme

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 17.10.2022

Kabul: 17.09.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1190745

Anahtar Kelimeler:

Geri kazanım opsiyonları,
kiralık ürünler,
sürdürülebilirlik,
çok kriterli karar verme,
KB-AHP, KB-TOPSIS

ÖZ

Kullanılmış ürünlerin geri kazanılarak kapalı döngü bir ekonomi oluşturulması, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Geri kazanım sürecinden elde edilen faydayı maksimize etmek açısından en uygun geri kazanım opsiyonuna göre ürünlerin sisteme dahil edilmesi gerekmektedir. Geri kazanım süreci kapsamına giren en önemli ürün tiplerinden birisi de bu çalışma kapsamında ele alınan kiralık ürünlerdir. Kiralık ürünlerin doğası gereği geri kazanım sürecine sıklıkla girmesi, geri kazanım opsiyonlarından en uygun olanının belirlenmesi ihtiyacını daha da önemli hale getirmektedir. İlgili karar sürecinde, uygulamada karşılaşılan durumlardan birisi de kurumların farklı departmanlarının farklı amaçlar içermesidir. Geri kazanım opsiyonlarının değerleri ilgili amaçlara göre farklılaşabilmektedir. Bu çalışmayla farklı departmanların amaçlarının göz önünde tutularak her bir geri kazanım opsiyonu için skor üretilen bir yapı sunulması hedeflenmektedir. Bu yapıda bulanık Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerinden Küresel Bulanık AHP (KB-AHP) ve Küresel Bulanık TOPSIS (KB-TOPSIS) bütünlük bir şekilde kullanılmıştır. Sunulan yaklaşımın geçerliliğini göstermek için Türkiye'nin büyük telekomünikasyon şirketlerinden birinde kiralık modemler üzerinde uygulama yapılmıştır. Farklı departman ağırlıkları ve kriterlerin alabileceği farklı durumlar altında olası bütün senaryolar çeşitli açılardan analiz edilmiş ve yorumlanmıştır. Böylece departman hedeflerinin kriterler üzerindeki etkileri gözlemlenmiş ve kararlar üzerindeki etkileri sayısal olarak incelenebilmiştir.

Determining the best recovery option under different corporate objectives via fuzzy based MCDM techniques

H I G H L I G H T S

- Recovery decisions for rental products
- Decision making according to different department goals
- Determination of recovery option with multi-criteria decision making techniques

Article Info

Research Article

Received: 17.10.2022

Accepted: 17.09.2023

DOI:

10.17341/gazimmfd.1190745

Keywords:

Recovery options,
rental products,
sustainability,
multi criteria decision
making,
SF-AHP, SF-TOPSIS

ABSTRACT

Creating a closed-loop economy by recycling used products is of great importance in terms of ensuring economic and environmental sustainability. In order to maximize the benefit obtained from the recovery process, it is necessary that the products are included in the system according to the most suitable recovery option. One of the most important product types within the scope of the recycling process is rental products, which are covered in this study. Due to the nature of rental products, entering the recycling process frequently makes the need to determine the most suitable recovery option even more important. In the relevant decision process, one of the situations encountered in practice is that different departments of the institutions have different purposes. The values of recovery options may differ according to the relevant purposes. With this study, it is aimed to present a structure where scores can be generated for each recovery option, taking into account the objectives of different departments. In this structure, Spherical Fuzzy AHP (SF-AHP) and Spherical Fuzzy TOPSIS (SF-TOPSIS) from fuzzy Multi-Criteria Decision Making (MCDM) techniques are used in an integrated manner. To demonstrate the validity of the presented approach, an application was made on leased modems in one of Turkey's major telecommunications companies. All possible scenarios have been analyzed and interpreted from various perspectives under different department weights and different situations that the criteria may take. Thus, the effects of the department goals on the criteria were observed and their effects on the decisions could be examined numerically.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : sevankatrancioglu@marun.edu.tr, huseyin.kilic@marmara.edu.tr, kalenzey@cvut.cz, *cigdem.uslu@marmara.edu.tr / Tel: +90 535 636 4961

1. Giriş (Introduction)

Sürdürülebilirlik konusu gerek akademik çalışmalarda gerekse de pratik uygulamalarda son yıllarda sıklıkla ele alınan önemli bir konudur. Artan talep karşısında kaynakların kısıtlı olması sürdürülebilirliği sağlamada kullanılmış ürünlerin önemini daha da arttırmaktadır. Kullanılmış ürünlere ilişkin sistemin yönetilmesinde tersine lojistik kanallarının tasarımı ve geri kazanım opsiyonlarının doğru olarak belirlenmesi, üzerinde durulan iki önemli konudur (Kılıç vd. [1], Alamerew ve Brissaud [2]). Her iki konuda da çok sayıda çalışma olmakla birlikte bu çalışma kapsamında geri kazanım opsiyonlarının değerlendirilmesi üzerinde durulacaktır.

Geri kazanım kapsamında ele alınabilecek birçok opsiyon bulunmaktadır. Direkt kullanım, yenileme, tamirat/bakım, malzeme geri dönüşümü ve imha bu opsiyonlardan bazılarıdır. Her opsiyonun kazandıracağı farklı bir değeri bulunmaktadır ve bu değer ölçümüne yönelik olarak da literatürde çalışmalar bulunmaktadır (Vahdani vd. [3]). İlgili değer ölçülmesi Alamerew ve Brissaud'ın [4] de belirttiği üzere en iyi geri kazanım opsiyonunun belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, geri kazanım opsiyonlarının değeri bir işletmenin farklı birimleri/departmanları için de değişkenlik gösterebilmektedir. Müşteri ve pazarlama esaslı stratejileri olan departmanlar bu noktada geri kazanım kararlarına yön verebilmektedir.

Müşteri odaklı yaklaşımda temel hedef en iyi müşteri deneyimini yaşatmaktır. Bu odak doğrultusunda genel yönelim stoktaki ürünleri yüksek kalitede tutmak, bu sayede arıza ve sonucunda oluşacak müşteri memnuniyetsizliklerinin önüne geçmektir. Bu nedenle, müşteri odaklılığın esas alındığı bir işletmede yeni ürün kullanımı öncelikli olup geri kazanım opsiyonlarından malzeme geri dönüşümü ön plana çıkmaktadır. Öte yandan pazarlama veya gelir odaklı yaklaşımda ise ürünleri mümkün olduğunca uzun süre sistemde tutmak yüksek gelirin oluşmasını desteklemektedir. Bu nedenle, pazarlama odaklılığın baskın olduğu durumda direkt kullanım, yenileme gibi opsiyonlar ağırlık kazanmaktadır.

Geri kazanım konusunda opsiyon değerlerinin farklı stratejilere göre değişme durumuna ilaveten önemli olan bir diğer husus da ele alınan ürünün niteliğidir. Tersine lojistik kanallarıyla son kullanıcılardan alınan ürünler, ömrünü tamamlamış veya fonksiyonel olarak yetersiz görülen ürünler olabildiği gibi telekomünikasyon sektöründe genellikle görülen modem gibi kiralık ürünler de bu kapsamdadır ve bu çalışmada özel olarak ele alınmıştır. Kiralama modeli bir hizmet doğrudan veya dolaylı olarak sağlayan ürünlerde yoğun olarak kullanılmaktadır. Marka imajı ve müşteri algısı yönünden değerlendirildiğinde bu yeniden kullanılan ürünlerin memnuniyet sağlayacak nitelikte olması önemlidir. Ayrıca bu tip ürünler özellikle kullanım alanlarına göre çok fazla sayıda müşteriye kiralanabilmektedir. Bu da sıklıkla geri dönüşüm kararı alınmasını gerektirmektedir. Geri dönüş sayısının çok olması ve müşteriler üzerindeki marka ve kalite algılarında bu kararların önemli bir rol oynaması açısından, kiralık olmayan ürün modellerine göre ayrılmaktadır. Genel olarak uygulamalar incelendiğinde, kiralık ürünlerin mülkiyeti satış yapıldığı şirkete ait olup kullanım süresi sonunda, bozulduğunda veya erken fesih şartları çerçevesinde şirkete iade edilmektedir. İade alınan bu ürünlerin kiralama modeli çerçevesinde farklı şekillerde kullanımı devam edebilmektedir. Yaşam döngüsünde devamlı olarak bu çevrimde ele alınan ürünlerin, doğru geri kazanım yöntemleri ile değerlendirilmesi şirketin farklı stratejileri çerçevesinde şekillenmektedir. Hatalı geri kazanım kararları, müşteri memnuniyeti veya pazarlama stratejileri gibi farklı odaklarda olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Bu da şirketin toplam kazancının düşmesine neden olabilmektedir. Bu kapsamda kiralık

ürünlerin ekonomik ömrünü artırarak maliyet ve çevresel etkilerde olumlu avantajlar sağlayabilmek adına en doğru geri kazanım kararının alınmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu kararı alırken de özellikle şirket işleyişlerindeki farklı kurumsal amaçları da dikkate alacak şekilde bulanık yaklaşıma dayalı çok amaçlı karar verme teknikleri kullanılmıştır.

En uygun geri kazanım opsiyonunun belirlenmesi probleminde çok kriterin olması, sonlu sayıda alternatifin yer alması ve kullanılmış ürünlerin standart olmayan doğal durumları gereği belirsizlik içermesinden dolayı bulanık yaklaşıma dayalı çok kriterli karar verme tekniklerinin (ÇKKV) kullanılmasının uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda teknik detayları ve kullanım gerekçeleri metodoloji bölümünde verilen Küresel Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (KB-AHP) ve Küresel Bulanık TOPSIS (KB-TOPSIS)'in kullanılmasına karar verilmiştir.

Çalışmanın geri kalan kısmı şu şekilde yapılandırılmıştır: Literatür taraması ikinci bölümde verilmiştir. Üçüncü bölümde, kullanılan tekniklere ilişkin teorik bilgilerin olduğu metodoloji yer almaktadır. Önerilen metodolojinin telekomünikasyon sektöründe modeller üzerindeki uygulamasına, duyarlılık analizine ve senaryo yorumlarına dördüncü bölümde yer verilmiştir. Son olarak beşinci bölümde sonuçlar ve tartışma sunulmuştur.

2. Literatür Taraması (Literature Review)

Geri kazanım opsiyonları konusunun önemli olmasından dolayı literatürde birçok çalışma yer almaktadır. Fakat bu çalışma kapsamında ele alınan kiralık ürünlerin, farklı amaçlar da göz önünde tutularak geri kazanım opsiyonlarının değerlendirilmesi, belirlenmesi veya seçilmesine yönelik doğrudan ilişkili yayın sayısı azdır. İlgili olan çalışmalar aşağıda irdelenmiştir.

Okumura vd. [5] çalışmasında mürekkep püskürtmeli yazıcıların geri dönüşüm süreçlerine odaklanmıştır. Matematiksel model kullanılarak o anki mevcut verilerin analizini yapmaktadır. Mevcut durum üzerinden verilen kararlar ile ürünlerin geri kazanım kararları verilmektedir. Bu açıdan statik bir karar mekanizmasını oluşturmaktadır. Ürünlerin kiralık olmaması bu çalışmadaki problemle arasındaki temel farkı teşkil etmektedir. Hedef fonksiyonu tek olup farklı departman bakış açıları olmadığı için de çalışmamızdan ayrılmaktadır. Evler vd. [6] çalışmasında özellikle sürekli işleyen bir operasyon içerisindeki optimizasyon yöntemlerini uygulayarak kaynak kullanımının iyileştirilmesini sağlamıştır. Hava yollarının limanlardaki kaynak ihtiyaçları kendi operasyonları doğrultusunda şekillenmekte ve talep edilmektedir. Farklı hava yollarından ihtiyaçları alan yer hizmetleri kaynaklarının kullanımı konusunda optimum verimliliği amaçlayan bir karar destek sistemi kullanılmıştır. Ürün geri kazanımı söz konusu olmasa da karar destek sisteminin kaynakların dönüşümlü olarak kullanım şeklinin belirlenmesi üzerine çalışılmıştır. Kaynaklar sürekli değişen kullanıcılara hizmet ettiği için kaynak yönetimi kiralık ürünlerin hizmet sağlama yaklaşımı ile benzeşmektedir.

Geri dönüşüm sürecinin özellikle müşteri algısı ile birlikte karlılığa önemli etkisi bulunmaktadır. Uygulamamızdaki müşteri deneyimi departmanını da bu yaklaşımını temsil etmektedir. Bu konuyu Chen vd. [7] çalışmasında da ele almış, tadilat ve tamirat sürecinin müşteriler üzerindeki algısını incelemiştir. Yeni ürünlere alternatif olarak işlem görmüş ürünlerin müşteri algısındaki olumsuzlukları ortaya konmuştur. Çalışmamızda özellikle müşteri odaklı hedeflerin varlığı, ürün yaşam döngüsünü sürdüren tadilat, tamirat, direkt satış gibi opsiyonların önemini artırmaktadır. Chen vd. [7]. çalışmasında da ortaya konduğu üzere buradaki müşteri algısı ileriye yönelik marka

etkisini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu durum anlık toplam maliyeti etkilemeye de oluşacak marka etkisi ile uzun vadede gelir etkisi oluşturmaktadır.

Ürün yaşam döngüsü odaklı ve sonunda geri dönüşüm opsiyonlarının belirlenmesi sürecinde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır Meng vd. [8], [9]. Bu çalışmalarda ürün yaşam döngüsünün sonunda geri dönüşüm için yedek parça ve maliyet optimizasyonları amaçlanmaktadır. Karar opsiyonlarında ürünlerin yedek parça ve işleme maliyetlerine odaklanılmıştır. Kullanılan karar setleri bizim çalışmamızda da olmasına karşın tekrar kullanım opsiyonları ve bunların olası sonuçları bakış açısı ile ayrılmaktadır. Yedek parça süreci ve maliyet analizleri de geri kazanım sürecinin en çok karşılaşılan odaklarından biridir. Parlikad ve McFarlane [10] de çalışmasında özellikle yedek parçaların geri kazanımına odaklanmıştır. Bu çalışmadaki yöntemler yedek parça endüstrisi için önemli maliyet avantajı sağlayabilmektedir. Ancak ürünlerin bütünsel yaklaşımı ve son kullanıcıyı hedefleyen kiralık ürün satışı modeli ile bu çalışmadan ayrılmaktadır.

Çok amaçlı çözüm yaklaşımları incelendiğinde Barker ve Zabinsky [11] çalışması öne çıkmaktadır. Bu çalışmada iş ilişkileri dikkate alınarak geri dönüşüm sürecinde karar vermeye yönelik çok amaçlı bir fonksiyon kullanılmıştır. Üçüncü parti firmalarla oluşturulan modelde, optimizasyon için temel kriter olarak maliyet azaltma hedef alınmıştır. Kararlar üzerinde bağımsız dış etkenlerin olması çok amaçlılığı oluşturmaktadır. Şirket dışı etkenlerin modellendiği yapıda şirketin iç dinamiklerindeki karar süreçlerinden bağımsız bir yaklaşım ortaya konmuştur. Bu da kararların dışa bağımlılığını oluşturmaktadır.

Tersine lojistik sürecinde işletmelerin seçimi farklı amaçlar doğrultusunda çeşitli maliyetlerin etkin olduğu bir süreçtir. Çok amaçlı bir karar verme ortamında uygun maliyetli karar verebilmek adına bu tekniklerin avantajlarından yararlanılmıştır. Bu tekniklerin pratik faydaları çalışmamızda ürün geri dönüşüm kararlarının verilmesinde uygulanmıştır. Bulanık mantık da optimizasyon süreçlerinde kullanılan etkili bir yöntemdir. Özceylan ve Paksoy [13] çalışmalarında, çok kriterli bir problemin çözüm adımı bulanık çok kriterli bir model kullanılmıştır. Bulanık mantık sayesinde belirsizliklerin daha esnek modellenebildiği yapıda sistem yöneticileri daha fazla esnekliğe ve karar verme yeteneğine sahip olmaktadır.

Lojistik süreçlerinde arz, talep ve kapasite gibi her an net değeri bilinmeyen değişkenlerin bulanık mantıkla modellenmesinin karmaşıklığı azalttığı görülmüştür Erdemir vd. [23]. Benzer şekilde çalışmamızda kararları etkileyen girdiler iyi-orta-kötü olarak derecelendirilerek belirsizlik ve normalizasyon problemleri giderilmiştir. Moghaddam [14] çalışmasında özellikle talep ve kaynak belirsizliği durumlarındaki tedarikçi seçimlerinde, çok amaçlı bulanık bir modele yer vermiştir. Çok amaçlı bulanık matematiksel modelde, tedarikçileri derecelendirerek en uygun yeni ürün alınma ve tedarikçi seçimine karar vermeye amaçlanmıştır. Bulanık mantığın uygulaması açısından çalışmamız ile benzeşse de ürün ve geri kazanım konularında farklı yapılar üzerinde çalışılmıştır.

Çözüm yöntemleri araştırıldığında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve İdeal Çözümlere Benzerliğe Göre Sipariş Tercihini Bulanık (TOPSIS) tekniklerinin de farklı alanlarda kullanıldığı görülmektedir. Tersine lojistik süreçlerinde Senthil vd. [12] bu teknikleri kullanarak karar verme modelleri kurmuşlardır. Bu çalışmada, farklı yöntemler karşılaştırılarak uygun teknikler araştırılmıştır. AHP ve TOPSIS kullanılan bir karma yöntem önerilmiştir. Erdemir vd. [23]'de iki tekniği birlikte kullanan örnek bir çalışma ortaya koymuştur. Performans değerlendirmelerindeki değerlendirici verilerin işlenebilmesi noktasında AHP ve TOPSIS kullanılarak bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Bu şekilde değerlendiricilerin daha

rasyonel ve adil bir şekilde değerlendirmesi ve sonuçların tutarlılığı sağlanmıştır. Benzer şekilde Kul vd. [22]'de AHP ve TOPSIS yöntemlerini karar verme sürecinde özellikle ağırlıklandırma adımlarındaki bulanıklığın çözümü için kullanmıştır. İmalat yöntemlerinin seçimi gibi yüksek maliyet odaklı süreçlerdeki karar aşamalarında da bu yöntemler etkinliğini göstermektedir. Literatür araştırmasındaki AHP ve TOPSIS yöntemlerinin bulanık veri setleri üzerindeki başarısı sebebi ile uygulamamızdaki çözüm yöntemi olarak farklı bir versiyonu olan Küresel Bulanık-AHP ve Küresel Bulanık-TOPSIS tercih edilmiştir. Küresel bulanık kümelerde, karar vericiler bir üyelik fonksiyonunu bir kürenin yüzeyi üzerinde tanımlarlar. Bu sayede, diğer bulanık küme uzantılarını genelleştirerek, üyelik fonksiyonunun parametrelerini bağımsız olarak daha geniş bir alana atayabilirler. Böylece, küresel bulanık kümeler karar vericilere daha fazla esneklik sağlamakta ve sonuç olarak daha az bilgi bozulmasına neden olmaktadır. Yöntemlerin uygulama adımları standart olup problemimizin veri seti üzerine uyarlanmıştır.

Literatür araştırması sonucunda ilgili konuda tespit edilen açık alanlar aşağıdaki şekilde ortaya konulmuştur. Bu çalışmayla birlikte araştırmaya açık belirtilen alanlarda literatüre katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

- Geri kazanım opsiyonlarının belirlenmesinde kurum içi farklı hedefler ile oluşan çok amaçlılığın göz önünde bulundurulduğu bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu açıdan kurum içi farklı stratejilerin etkileri gözetilerek geri kazanım opsiyonlarının değerlerinin belirlendiği ilk çalışmadır.
- Ürün modeli olarak "kiralık" ürünler ile ilgili çalışma bulunmamaktadır. Geri dönüşüm sonucu ürünlerin tekrar kullanımını satış modelinde olup sahipliği firmaya ait kurgular literatürde eksiktir. Çalışmamız ile ilk kez bu ürün modeli değerlendirmeye alınmıştır.
- Geri kazanım opsiyonlarının belirlenmesinde küresel bulanık sayılara dayalı ÇKKV teknikleri kullanılmamıştır. KB-AHP ve KB-TOPSIS teknikleri ilk kez geri kazanım opsiyonlarının değerlerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.
- Kriterlerin farklı olası durumlarına göre geri kazanım opsiyonlarının değerlendirilmesinin yapıldığı bir çalışma bulunmamıştır.
- Telekomünikasyon sektöründe geri kazanım opsiyonlarının değerlendirilmesine dönük bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Burada sunulan çalışma ürün modelini en sık ve adetsel olarak en çok kullanan sektörlerden biri olan telekomünikasyon altyapısında uygulanmıştır. Geri kazanım kararlarını etkileyen 12 kriterin 3 olası durumu, çelişen hedeflere sahip iki farklı departmanın 11 farklı strateji ağırlık kombinasyonu altında incelenerek toplam 5.845.851 ($3^{12} \times 11$) senaryo analiz edilmiş ve uygulanmıştır.

3. Metodoloji (Methodology)

Karar problemlerindeki belirsizlik ve muğlaklıkla mücadele konusunda klasik Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri eksik kalabilmektedir. Bu eksikliği gidermek için, yöntemler üzerinde çeşitli iyileştirmeler yapılmış ve başta klasik bulanık kümeler (Zadeh [15]) ile başlayan çalışmalar zaman içerisinde geliştirilerek, sezgisel bulanık kümeler (Atanassov [16]), nötrosofik bulanık kümeler (Smarandache [17]) ve tereddütlü bulanık kümeler (Torra [18]) versiyonları önerilmiştir.

Yakın zamanda karar vericilerin farklı türdeki bulanık kümeleri genelleştirebilecekleri fikri ile Gündoğdu ve Kahraman [19]

tarafından Pisagor bulanık kümeleri (Yager [20]) ve Nötrosifik küme teorilerinin (Smarandache [17]) bir sentezi olarak “Küresel Bulanık Kümeler” tanıtılmıştır. Pisagor bulanık kümelerinin üyelik fonksiyonları üyelik, üye olmama ve tereddüt parametreleri ile tanımlanırken, Nötrosifik bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları doğruluk, yanlışlık ve belirsizlik parametrelerinden oluşmaktadır. Küresel bulanık kümeler ise, küresel bir yüzey üzerinde bir üyelik fonksiyonu tanımlayarak, karar vericilerin farklı türdeki bulanık kümeleri genelleştirebilir durumdadır (Gündoğdu ve Kahraman, [19]).

Küresel bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonu, üyelik derecesi ($\mu_{\tilde{A}_S}(x)$), üye olmama derecesi ($\nu_{\tilde{A}_S}(x)$) ve tereddüt derecesi ($\pi_{\tilde{A}_S}(x)$) olmak üzere üç parametre ile tanımlanır. Bu parametrelerin her biri bağımsız olarak 0 ile 1 arasında bir değer alabilir ve aldıkları değerlerin karelerinin toplamı en fazla 1'dir. \tilde{A}_S bir küresel bulanık küme (KB) olmak üzere U_1 evrensel kümesinde; $\tilde{A}_S = \{x, (\mu_{\tilde{A}_S}(x), \nu_{\tilde{A}_S}(x), \pi_{\tilde{A}_S}(x)) \mid x \in U_1\}$ ve

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{A}_S}(x) : U_1 &\rightarrow [0,1], \nu_{\tilde{A}_S}(x) : U_1 \rightarrow [0,1], \\ \pi_{\tilde{A}_S}(x) : U_1 &\rightarrow [0,1] \quad \forall x \in U_1; \end{aligned}$$

$0 \leq \mu_{\tilde{A}_S}^2(x) + \nu_{\tilde{A}_S}^2(x) + \pi_{\tilde{A}_S}^2(x) \leq 1$ olarak tanımlanmaktadır. Küresel bulanık kümelerin birleşim, kesişim, toplama, çarpım ve üstel değer gibi temel aritmetik işlemleri Gündoğdu ve Kahraman (2019) tarafından tanımlanmıştır. $\tilde{A}_S = (\mu_{\tilde{A}_S}, \nu_{\tilde{A}_S}, \pi_{\tilde{A}_S})$ ve $\tilde{B}_S = (\mu_{\tilde{B}_S}, \nu_{\tilde{B}_S}, \pi_{\tilde{B}_S})$ iki küresel bulanık küme olmak üzere, temel aritmetik işlemler Eş. 1-Eş. 6'da tanımlanmıştır.

Birleşim;

$$\tilde{A}_S \cup \tilde{B}_S = \left\{ \begin{array}{l} \max\{\mu_{\tilde{A}_S}, \mu_{\tilde{B}_S}\}, \min\{\nu_{\tilde{A}_S}, \nu_{\tilde{B}_S}\}, \\ \min \left\{ \left[1 - \left(\frac{\max\{\mu_{\tilde{A}_S}, \mu_{\tilde{B}_S}\}^2 + \min\{\nu_{\tilde{A}_S}, \nu_{\tilde{B}_S}\}^2}{\max\{\pi_{\tilde{A}_S}, \pi_{\tilde{B}_S}\}} \right)^{0.5} \right] \right\} \end{array} \right\} \quad (1)$$

• Kesişim;

$$\tilde{A}_S \cap \tilde{B}_S = \left\{ \begin{array}{l} \min\{\mu_{\tilde{A}_S}, \mu_{\tilde{B}_S}\}, \max\{\nu_{\tilde{A}_S}, \nu_{\tilde{B}_S}\}, \\ \max \left\{ \left[1 - \left(\frac{\min\{\mu_{\tilde{A}_S}, \mu_{\tilde{B}_S}\}^2 + \max\{\nu_{\tilde{A}_S}, \nu_{\tilde{B}_S}\}^2}{\min\{\pi_{\tilde{A}_S}, \pi_{\tilde{B}_S}\}} \right)^{0.5} \right] \right\} \end{array} \right\} \quad (2)$$

• Toplama;

$$\tilde{A}_S + \tilde{B}_S = \left\{ \begin{array}{l} (\mu_{\tilde{A}_S}^2 + \mu_{\tilde{B}_S}^2 - \mu_{\tilde{A}_S}^2 \mu_{\tilde{B}_S}^2)^{0.5}, \\ \nu_{\tilde{A}_S}^2 \nu_{\tilde{B}_S}^2, \\ \left(\frac{(1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2) \pi_{\tilde{A}_S}^2 + (1 - \mu_{\tilde{B}_S}^2) \pi_{\tilde{B}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2 \pi_{\tilde{B}_S}^2}{(1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2) \pi_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2 \pi_{\tilde{B}_S}^2} \right)^{0.5} \end{array} \right\} \quad (3)$$

• \tilde{A}_S ve \tilde{B}_S kümelerinin çarpımı;

$$\tilde{A}_S \times \tilde{B}_S = \left\{ \begin{array}{l} \mu_{\tilde{A}_S} \mu_{\tilde{B}_S}, (\nu_{\tilde{A}_S}^2 + \nu_{\tilde{B}_S}^2 - \nu_{\tilde{A}_S}^2 \nu_{\tilde{B}_S}^2)^{0.5}, \\ \left(\frac{(1 - \nu_{\tilde{A}_S}^2) \pi_{\tilde{A}_S}^2 + (1 - \nu_{\tilde{B}_S}^2) \pi_{\tilde{B}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2 \pi_{\tilde{B}_S}^2}{(1 - \nu_{\tilde{A}_S}^2) \pi_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2 \pi_{\tilde{B}_S}^2} \right)^{0.5} \end{array} \right\} \quad (4)$$

• \tilde{A}_S kümesi ve λ sabitinin çarpımı;

$$\lambda \times \tilde{A}_S = \left\{ \begin{array}{l} (1 - (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda)^{0.5}, \nu_{\tilde{A}_S}^\lambda, \\ \left(\frac{(1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda - (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda}{(1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda - (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda} \right)^{0.5} \end{array} \right\} \quad (5)$$

• \tilde{A}_S kümesinin $\lambda > 0$ bir sabit ile üstel değerinin alınması;

$$\tilde{A}_S^\lambda = \left\{ \begin{array}{l} \mu_{\tilde{A}_S}^\lambda, (1 - (1 - \nu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda)^{0.5}, \\ \left(\frac{(1 - \nu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda - (1 - \nu_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda}{(1 - \nu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda - (1 - \nu_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda} \right)^{0.5} \end{array} \right\} \quad (6)$$

Temel aritmetik işlemlere ek olarak, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ ve $w_i \in [0,1], \sum_{i=1}^n w_i = 1$ olmak üzere aşağıdaki işlemlerde kullanılmaktadır.

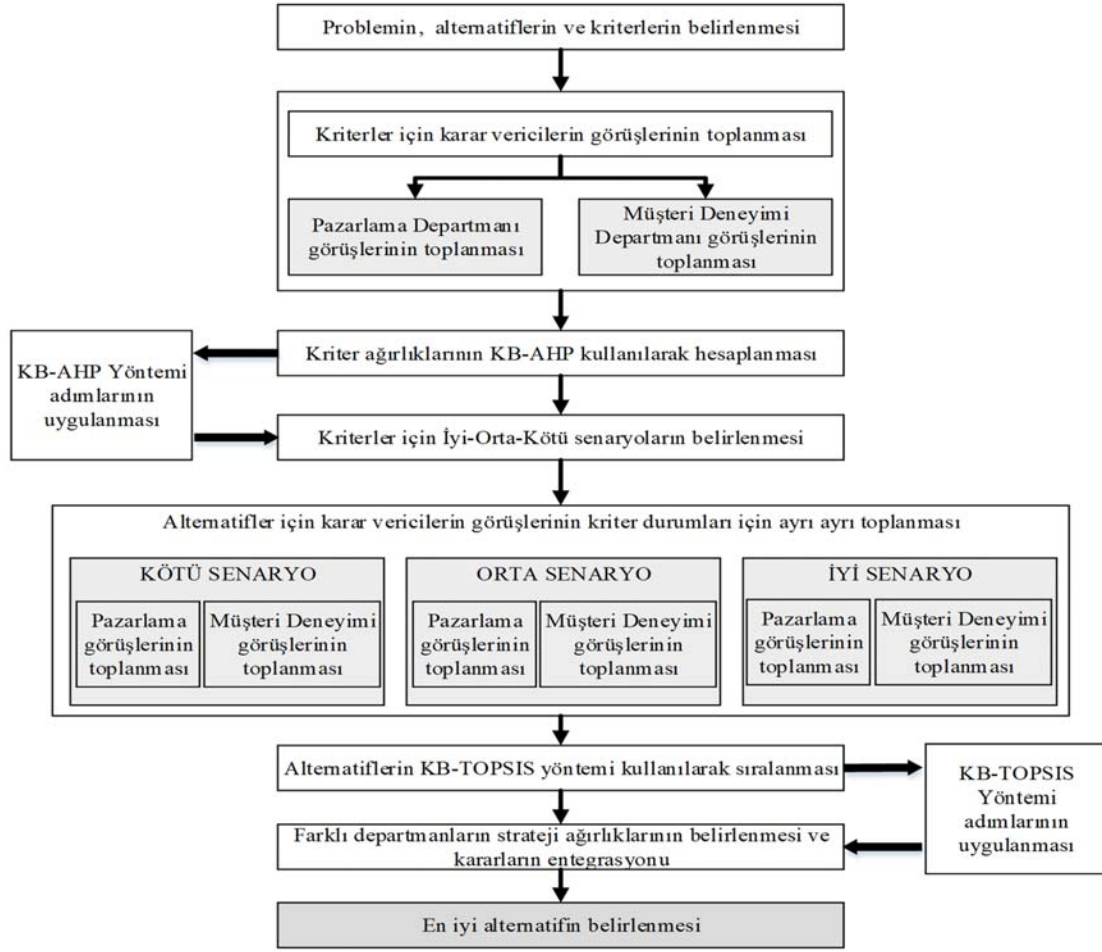
• Küresel ağırlıklandırılmış aritmetik ortalama (SWAM)

$$\begin{aligned} SWAM_w(\tilde{A}_{S_1}, \dots, \tilde{A}_{S_n}) &= w_1 \tilde{A}_{S_1} + w_2 \tilde{A}_{S_2} + \dots + w_n \tilde{A}_{S_n} \\ &= \left\{ \begin{array}{l} [1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i}]^{0.5}, \prod_{i=1}^n \nu_{\tilde{A}_{S_i}}^{w_i}, \\ \left[\prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{\tilde{A}_{S_i}}^2 - \pi_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} \right]^{0.5} \end{array} \right\} \quad (7) \end{aligned}$$

• Küresel ağırlıklandırılmış geometrik ortalama (SWGGM)

$$\begin{aligned} SWAM_w(\tilde{A}_{S_1}, \dots, \tilde{A}_{S_n}) &= \tilde{A}_{S_1}^{w_1} + \tilde{A}_{S_2}^{w_2} + \dots + \tilde{A}_{S_n}^{w_n} \\ &= \left\{ \begin{array}{l} \prod_{i=1}^n \mu_{\tilde{A}_{S_i}}^{w_i}, [1 - \prod_{i=1}^n (1 - \nu_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i}]^{0.5}, \\ \left[\prod_{i=1}^n (1 - \nu_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} - \prod_{i=1}^n (1 - \nu_{\tilde{A}_{S_i}}^2 - \pi_{\tilde{A}_{S_i}}^2)^{w_i} \right]^{0.5} \end{array} \right\} \quad (8) \end{aligned}$$

Karmaşık karar verme problemlerinin çoğunda, karar verici tarafından sağlanan değerlendirmeler, zaman baskısı ve karar vericilerin yetenek ve dikkati ile ilgili nedenlerle yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle literatürde küresel bulanık kümeler, belirsiz karar verme bilgilerini oldukça iyi ifade etmek konusunda yararlı bir araç olarak önerilmektedir. Uygulamamızdaki veri seti de karar vericilerin deneyimleri doğrultusunda elde edilen sezgisel verilerden oluşmaktadır. Dönemsel olarak değişen kişisel, yoruma açık veriler, karar vericilerin birlikte yaptıkları değerlendirme sonucunda ortak karar olarak belirlenmektedir. Bu verilerdeki sayısal belirsizliği işleyebilmek ve sistematik olarak en iyi şekilde kullanabilmek adına bulanık çözüm yöntemleri tercih edilmiştir. Ayyıldız ve Taskın [21] çalışmalarında küresel bulanık kümelerin, ÇKKV teknikleri ile kullanımına dair geniş bir literatür araştırması sunmuştur. Çalışma kapsamında incelenen yayınların çoğunda Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve TOPSIS metodolojilerinin kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada, literatürde sıklıkla kullanılan klasik bulanık AHP ve TOPSIS (Kul vd. [22], Erdemir vd. [23]) uygulamalarından farklı olarak KB-AHP ve KB-TOPSIS yöntemlerini içeren bütünlük bir ÇKKV metodolojisi kullanılmış ve önerilen metodolojinin adımları Şekil 1'de verilmiştir. Önerilen metodoloji ile problemin, alternatiflerin ve kriterlerin belirlenmesinin ardından farklı departmanlarda çalışmakta olan karar vericilerin görüşleri ayrı ayrı toplanmaktadır. Toplanan görüşler KB-AHP yöntemi kullanılarak değerlendirilmekte ve böylece kriter ağırlıkları hesaplanmaktadır. Ardından, farklı departmanlar için ayrı ayrı olmak üzere karar vericilerin alternatifler bazında görüşleri iyi-orta-kötü olarak belirlenen senaryolar bazında toplanmaktadır (Söz konusu senaryolara dair detaylı bilgiler uygulama bölümünde açıklanmaktadır). KB-AHP ile bulunan ağırlıklar kullanılarak, karar vericilerin görüşleri doğrultusunda alternatifler KB-TOPSIS yöntemi ile sıralanmaktadır. Hesaplamalar sonucunda departman özelinde sıralamalar elde edilmektedir. Bu durumun temel nedeni, departmanların kendi bakış açılarında kendi alt hedeflerini en



Şekil 1. Önerilen bütünlük KB-AHP ve KB-TOPSIS metodolojisinin uygulama adımları
(Implementation steps of the proposed integrated SF-AHP and SF-TOPSIS methodology)

iyilemek yönünde kararlar almasıdır. Şirket bütünü düşünülerek kararların belirlenmesi amacı ile önerilen metodolojinin son adımında departmanların stratejik ağırlıklarına göre sonuçlar birleştirilmekte ve nihai sıralama elde edilmektedir. Sistem yöneticilerine sağlanan analizler sayesinde farklı metriklerin etkileri gözlemlenebilmekte böylece kararların da karlılığa etkisi önceden ön görülebilmektedir. Envanter üzerinde etkili olan geri kazanım stratejilerinin sonuçlarının önceden ön görülmesi verilecek kararlarda da kolaylık sağlamaktadır.

3.1. KB-AHP (KB-AHP)

Saaty [24] tarafından önerilen AHP yöntemi, literatürde en sık kullanılan çok kriterli karar verme tekniklerinden biridir. Araştırmacıların yöntemi sıklıkla kullanmasının temel sebebi, AHP yönteminin basit bir hiyerarşik yapıya sahip olmasının yanı sıra karar vericilerin önceliklerine yer vererek nitel ve nicel kriterleri bir arada değerlendirme olanağı sağlamasıdır (Dağdeviren ve Tamer [25]). Temelde, AHP yöntemi, karar vericilerin ikili yargılarına (Son derece önemli (Kesin Üstünlük)-AMI, Çok önemli (Çok Üstünlük)-VHI, Oldukça önemli (Fazla Üstünlük)-HI, Biraz daha önemli (Az Üstünlük)-SMI, Eşit önemde-EI, Biraz daha düşük öneme sahip-SLI, Oldukça düşük öneme sahip-LI, Çok düşük öneme sahip-VLI, Son derece düşük öneme sahip-ALI) dayalı olarak belirli bir dizi alternatif için göreceli öncelikleri nicelleştirmeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışma kapsamında AHP yöntemi kiralık ürünlerin geri kazanım opsiyonlarının değerlendirmesinde kriter ağırlıklarının belirlenmesi

amacı ile kullanılmıştır (Arıkan ve Küçükçe [26]). Metodun uygulama adımları Şekil 2 ile sunulmaktadır. Önerilen modelde sunulduğu üzere iki farklı departmana ait strateji yaklaşımları ayrı ayrı toplanarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen kriter ağırlıkları daha sonra TOPSIS yönteminde girdi olarak kullanılarak çalışma yürütülmüştür.

3.2. KB-TOPSIS (KB-TOPSIS)

TOPSIS, temel amacın pozitif ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan en iyi alternatifi bulmak olduğu ÇKKV problemlerinde en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Literatürde, Gündoğdu ve Kahraman'ın [19] da çalışmalarında belirttiği gibi TOPSIS yöntemi belirsizlikleri daha iyi ele almak adına çeşitli bulanık küme türleri kullanılması ile genişletilmiştir. 2009 yılından itibaren özellikle sezgisel bulanık kümeler, değer aralıklı bulanık kümeler ve nötrosofik bulanık kümeler kullanılarak farklı karar problemlerinde TOPSIS yönteminin kullanımı kanıtlanmaktadır (Gündoğdu ve Kahraman, [19]). Bu çalışma kapsamında TOPSIS yöntemi, geri kazanım opsiyonlarının değerlendirilmesindeki kriter ağırlıklarının AHP yöntemi ile belirlenmesinden sonra bu ağırlıkları kullanarak alternatifler arasında sıralama yapmak amacı ile kullanılmıştır. Hesaplamalar ele alınan problemde açıklandığı gibi stratejileri farklı olan departmanlar için ayrı ayrı yürütülmüştür. Yöntemin uygulama adımları Şekil 3 ile sunulmaktadır. Klasik TOPSIS yönteminde yakınlık değerleri hesaplandıktan sonra büyükten küçüğe sıralama yapılarak en büyük değer en iyi alternatifini vermek üzere seçim yapılmaktadır. Öte yandan bu çalışma

Adım 1. Problemin hiyerarşik yapısının ve karşılaştırma matrislerinin oluşturulması



Adım 2. Kriterler için karar vericilerin görüşlerinin toplanması; $\tilde{\alpha}_{ij} = (\mu_{\tilde{\alpha}_{ij}}, v_{\tilde{\alpha}_{ij}}, \pi_{\tilde{\alpha}_{ij}})$ olmak üzere $M = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{\alpha}_{12} & \dots & \tilde{\alpha}_{1n} \\ \tilde{\alpha}_{21} & 1 & \dots & \tilde{\alpha}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{\alpha}_{n1} & \tilde{\alpha}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix}$



Adım 3. SI eşitliği ile indeks değerlerinin hesaplanması

$$\text{AMI, VHI, HI ve SMI değerlendirmeleri için: SI} = \sqrt{\left[100 \left[\left(\mu_{\tilde{\alpha}_{ij}}^2 - \pi_{\tilde{\alpha}_{ij}}^2 \right)^2 - \left(v_{\tilde{\alpha}_{ij}}^2 - \pi_{\tilde{\alpha}_{ij}}^2 \right)^2 \right] \right]}$$

$$\text{ALI, VLI, LI, SLI ve EI değerlendirmeleri için SI} = \frac{1}{\sqrt{\left[100 \left[\left(\mu_{\tilde{\alpha}_{ij}}^2 - \pi_{\tilde{\alpha}_{ij}}^2 \right)^2 - \left(v_{\tilde{\alpha}_{ij}}^2 - \pi_{\tilde{\alpha}_{ij}}^2 \right)^2 \right] \right]}}$$



Adım 4. Karşılaştırma matrislerinin tutarlılığının kontrol edilmesi amacıyla önce CI değerinin hesaplanması daha sonra Saaty tarafından önerilen CR değerinin bulunması

λ_{\max} en büyük özdeğer ve n kriter sayısını temsil etmek üzere $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}$ ve RI Saaty tarafından belirlenen matris tablosu değeri olmak üzere $CR = CI/RI$ eşitlikleri ile hesaplanmaktadır. Tutarlılık değerinin 0,1'den küçük olması gerekmektedir. Karar vericilerinin görüşlerinde tutarsızlık olması durumunda tutarlılık değeri 0,1'den büyük olacaktır. Bu durumda değer 0,1'den küçük olana kadar adım 2 tekrar edilir.



Adım 5: Her kriter için $SWAM_w(\tilde{A}_{S_1}, \dots, \tilde{A}_{S_n})$ eşitliği kullanılarak ağırlık değerinin belirlenmesi



Adım 6. Bulanık değerlerin her bir kriter için S_j eşitliği kullanılarak durulaştırılması

$$S_j = \sqrt{100 \left[\left(3\mu_{\tilde{\alpha}_{ij}} - \frac{\pi_{\tilde{\alpha}_{ij}}}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_{\tilde{\alpha}_{ij}}}{2} - \pi_{\tilde{\alpha}_{ij}} \right)^2 \right]}$$



Adım 7. Nihai ağırlıkların bulunması için değerlerin normalize edilmesi: $w_j = \frac{S_j}{\sum_{i=1}^n S_i}$

Şekil 2. KB-AHP yöntemi uygulama adımları (Application steps of the SF-AHP method)

kapsamında, yakınlık değerlendirmeleri departmanlar için ayrı ayrı belirlendikten sonra sonuçlar birbirlerine entegre edilerek nihai sonuç elde edilmiştir. Uygulama bölümünde ilgili adımlar detaylı olarak açıklanmaktadır.

4. Telekomünikasyon sektöründe modemler üzerinde uygulama (Application on modems in telecommunications industry)

Bölüm 3'te verilen bütünlük ÇKKV metodolojisi temel olarak ürünlerin geri kazanım opsiyonlarının değerlendirilmesi problemi için geliştirilmiş olmakla beraber bu bölümde önerilen metodolojinin telekomünikasyon sektörüne uygulanmasının detayları verilmektedir. Telekomünikasyon sektöründe müşterilere hizmet verebilmek için sabit şebekeler üzerinde çeşitli cihazlara ihtiyaç duyulmaktadır. Müşteriler ile etkileşimde olan modem cihazları internet hizmetinin bir parçası olarak genel stratejide müşterilere kiralanmaktadır. Şebeke altyapısı olmadığında müşterilerin bu cihazları kullanma ihtimali olmadığı için altyapının bir elemanı olarak değerlendirilmekte ve müşteriye satış yerine kiralama usulü yaygın olarak kullanılmaktadır. Her bir sözleşme ile müşterilere bir modem cihazı tahsis edilmektedir. Bu cihazlar abonelik süresince müşterilere hizmet vermekte ve olası bir abonelik feshi durumunda şirket tarafından geri alınmaktadır. Modemler geri dönüş sürecinden sonra uygun durumlarda tekrar kullanılmak üzere farklı müşterilere kiralanabilmektedir. Söz konusu yaşam döngüsü yapısı gereği, modemlerin fazlaca el değiştirmesine

ve uzun süre kullanımında kalmasına sebep olabilmektedir. Bu yaşam döngüsü incelendiğinde modemlerin geri kazanım sürecindeki alınan kararların birçok noktada kritik etkisi olduğu gözlemlenmektedir. Doğru kararlar hem müşteri memnuniyetini ki bu dolaylı olarak gelir etkisi de oluşturmaktadır hem de doğrudan envanter ve cihaz maliyetlerini etkilemektedir.

4.1. Problemin tanımlanması (Defining the problem)

Büyük şirket organizasyonlarında farklı hedeflere sahip departmanlar modem geri dönüş kararları üzerinde etkili olabilmektedir. Bu çalışmada Müşteri deneyimi ve Pazarlama olmak üzere iki farklı departmanın hedefleri dikkate alınarak önerilen model içerisinde kullanılmıştır. Müşteri deneyimi departmanı özellikle müşterinin bakış açısı ile süreci değerlendirmektedir. Müşteri memnuniyetinin ön planda olduğu hedeflere sahiptir. Bu sebeple minimum arıza ve müşteri şikayetine sebep olacak kararlar alma eğilimindedir. Gelir ve maliyet etkilerini tamamen yok saymasa da önceliği müşteri memnuniyetini ve hizmet kalitesini artırmaktır. Pazarlama departmanı ise gelir ve satış odaklı bir şekilde süreci değerlendirmektedir. Dolayısıyla satış adetlerini artıracak yönde kararlar alma eğilimindedir. Önceliği satış sayılarını artırmak, stok yetersizliği problemleri yaşamamak ve envanter ile yeni cihaz maliyetlerini minimize etmektir. Bu bakış açısı ile müşteri deneyimini ikinci plana konumlandırmıştır. Bu departmanlar kendi bakış açılarında kendi alt

Adım 1. Alternatifler için karar vericilerin görüşlerinin toplanması ve birleştirilmesi



Adım 2. Kriter ağırlıkları kullanılarak ağırlıklandırılmış karar matrisinin hesaplanması

$$D = (C_j(X_{iw}))_{m \times n} = \begin{pmatrix} (\mu_{11w}, v_{11w}, \pi_{11w}) & (\mu_{12w}, v_{12w}, \pi_{12w}) & \dots & (\mu_{1nw}, v_{1nw}, \pi_{1nw}) \\ (\mu_{21w}, v_{21w}, \pi_{21w}) & (\mu_{22w}, v_{22w}, \pi_{22w}) & \dots & (\mu_{2nw}, v_{2nw}, \pi_{2nw}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ (\mu_{m1w}, v_{m1w}, \pi_{m1w}) & (\mu_{m2w}, v_{m2w}, \pi_{m2w}) & \dots & (\mu_{mnw}, v_{mnw}, \pi_{mnw}) \end{pmatrix}$$



Adım 3. Karar matrisinin puanlama (S) eşitliği kullanılarak durulaştırılması.(Bu işlem sadece pozitif ve negatif en iyi noktaların bulunması için kullanılmaktadır).

$$S(C_j(X_{iw})) = \left(2\mu_{ijw} - \pi_{ijw} / 2\right)^2 - \left(v_{ijw} - \pi_{ijw} / 2\right)^2$$



Adım 4. Adım 3 ile bulunan puanlama değerlerine göre Pozitif en iyi çözüm ve Negatif en iyi çözümün belirlenmesi

$$X^+ = \{C_j, \max_i S(C_j(X_{iw})) \mid j = 1, 2, \dots, n\}; X^- = \{C_j, \min_i S(C_j(X_{iw})) \mid j = 1, 2, \dots, n\}$$



Adım 5. Alternatiflerin pozitif en iyi ve negatif en iyi çözümlere uzaklıklarının hesaplanması

$$\text{Negatif ideal çözüm için ; } D(X_i, X^-) = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n \left((\mu_{x_{ij}} - \mu_{x_j^-})^2 + (v_{x_{ij}} - v_{x_j^-})^2 + (\pi_{x_{ij}} - \pi_{x_j^-})^2 \right)}$$

$$\text{Pozitif ideal çözüm için ; } D(X_i, X^+) = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{j=1}^n \left((\mu_{x_{ij}} - \mu_{x_j^+})^2 + (v_{x_{ij}} - v_{x_j^+})^2 + (\pi_{x_{ij}} - \pi_{x_j^+})^2 \right)}$$



Adım 6. Yakınlık oranı değerlerinin hesaplanması : $\xi(X_i) = \frac{D(X_i, X^-)}{D(X_i, X^+) + D(X_i, X^-)}$

Şekil 3. KB-TOPSIS yöntemi uygulama adımları (Application steps of the SF-TOPSIS method)

hedeflerini en iyilemek yönünde kararlar almaktadır. Ancak şirketin bütünü değerlendirildiğinde hem pazarlama hem de müşteri deneyimi faaliyetlerini etkileyen ve en iyi geri kazanım opsiyonunun belirlenmesinde etkin olan kriterler bulunmaktadır. Kurum içi ilgili süreçlerin analizi ve yetkililerle görüşmeler sonucunda değerlendirme kriterleri 3 ana başlık halinde 12 alt kriterden oluşacak şekilde yapılandırılmıştır. Ayrıca olası geri kazanım opsiyonları da belirlenmiştir. Şekil 4'te ilgili ana kriterler, alt kriterler ve geri kazanım alternatifleri gösterilmiştir.

Ana kriter olarak envanter durumu, cihaz geçmişi ve cihaz durumu belirlenmiştir. İlgili ana kriterlerin içerdiği de toplam 12 alt kriter bulunmaktadır. Geri kazanım opsiyonu olarak da literatürde yer alan ve işletme içinde pratikte yer bulan 5 alternatif belirlenmiştir. Bunlar, direkt satış, tadilat, bakım/onarım, yedek parça ve hammadde geri dönüşümü şeklindedir. İlgili kriter, alt kriter ve opsiyonlara ilişkin detaylar aşağıda verilmiştir.

A. Envanter durumu: Envanter miktarı geri kazanım sürecini doğrudan etkilemektedir. Envanterdeki cihaz sayısı özellikle satış ve geri dönüş tahminleri ile birlikte cihazların anlık değerini belirlemektedir. Aynı zamanda bu cihazların operasyonel olarak beklediği işlem adetleri yine geri kazanım seçeneklerinin önemini artırmaktadır. Envanter durumuyla ilgili alt kriterler aşağıda açıklanmaktadır.

A1. Günlük uygun envanter miktarı, özellikle satış tahmini ile birlikte yeterli sayıda cihaz olup olmadığını teyit etmek ve olası maliyete sebep olabilecek stok yetersizliği durumlarını engellemek için kullanılan bir kriterdir.

A2. Envanterdeki tamirat bekleyen cihaz sayısı, verilen kararlardan bakım/onarım ve yedek parça için özellikle önem taşımaktadır. Tamirat bekleyen cihaz sayısı hem bu tamiratlar için yedek parça ihtiyaçlarını hem de stok maliyetlerini oluşturmaktadır. Bu sebeple kontrollü bir seviyede düzenlenmesi önemlidir.

A3. Yedek parça kararı tamirat bekleyen cihaz sayısı ile benzer etki göstermektedir. Yedek parçalar tamirat maliyetlerini düşürmekle birlikte bir denge içerisinde yönetilmesi gerekmektedir. Yetersizliği veya fazlalığı işlem veya envanter maliyeti olarak ortaya çıkmaktadır.

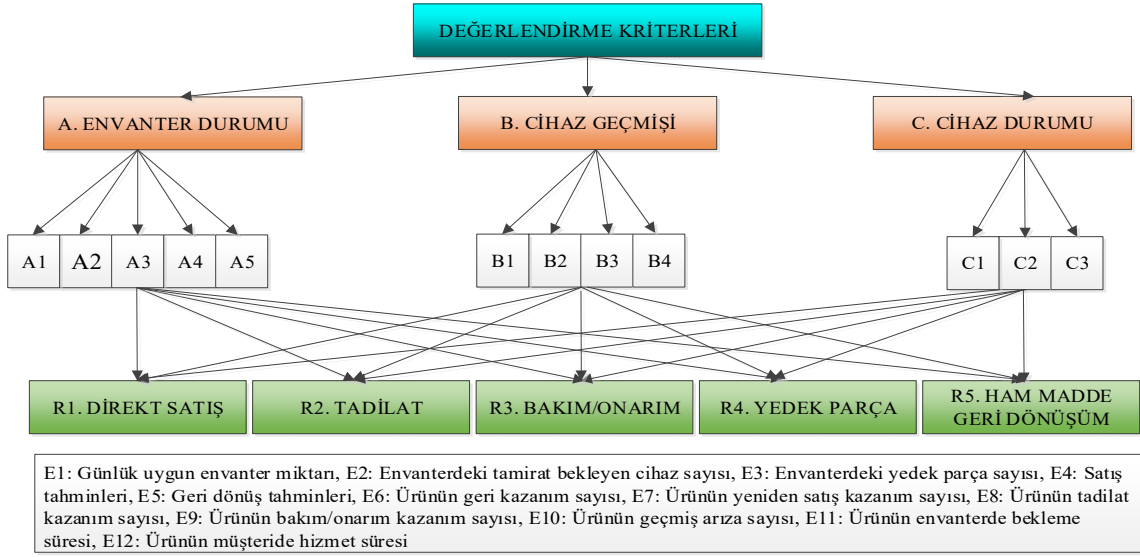
A4. Satış tahminleri kararlar üzerinde özellikle envanter hacminin belirlenmesinde etkilidir. Olası satışların önceden tahmini olarak kullanılması cihazlara olan ihtiyacı belirlenmesinde önem taşımaktadır. Bu ihtiyaç tahmini de özellikle kararların etkinliğini doğrudan etkilemektedir.

A5. Geri dönüş tahminleri de satışla benzer şekilde karşılaşılabilecek duruma hazırlık yapılması için önemlidir. Doğrudan envanter boyutunu da etkileyen bir girdi verisi olduğu için dönüşüm kararlarını etkilemektedir.

B. Cihaz geçmişi: Ekosistemden bağımsız olarak cihazın yaşam döngüsünü yansıtmaktadır. Yaşam döngüsündeki adımların sayısı ve işlem tipine bakarak departmanlar olası riskleri ön görebilmektedir. Bununla ilgili kriterler şöyledir:

B1. Ürünün yeniden kazanım sayısı kaç müşteriye hizmet ettiğini göstermektedir. Farklı kullanıcılar ile maruz kaldığı etkileşim sayısı doğrudan olası riskleri göstermektedir.

B2. Ürünün yeniden satış kazanım sayısı, toplam yaşam döngüsünün analizlerde kullanılan bir alt verisidir.



Şekil 4. Değerlendirme kriterleri ve geri kazanım opsiyonları (Evaluation criteria and recovery options)

B3. Ürünün tadilat kazanım sayısı, yaşam döngüsünün tadilat sayısını veren bir alt verisidir.

B4. Ürün bakım/onarım sayısı yaşam döngüsünün bir alt verisi olup cihaz için en kritik operasyon olan bakım onarım sayısını göstermektedir.

C. Cihaz durumu: Cihazın o anki durumu ile ilgili verileri sağlamaktadır. Aşağıdaki alt kriterlere göre incelenebilir.

C1. Ürünün geçmiş arıza sayısı müşteriye yaşatılan arıza durumlarını ifade etmektedir. Bu sayısal veri ile cihazın işlem geçmişi sayesinde olası riskler tahmin edilebilmektedir.

C2. Ürünün envantere bekleme süresi cihazın yaşını ifade etmektedir. Bekleyen cihazların yıpranma payı olduğundan bu analiz sonucu da cihazın genel durumunu anlamak için faydalı bir veridir.

C3. Ürünün müşterideki hizmet süresi cihaz durumunu belirleyen en önemli kriterlerden biridir. Tüm durum bilgileri ile birlikte değerlendirildiğinde cihazın yıpranması ile ilgili bilgi sağlamaktadır.

Teslim alınan cihaz ile ilgili tüm bu analiz sonuçları farklı hedefleri olan departmanlar tarafından değerlendirilmektedir. Her departman kendi hedefleri doğrultusunda bir değerlendirme sonucu oluşturmaktadır. Bu sonuçlar hedefler farklı olduğu için farklılaşmaktadır. Ancak nihai şirket kararını verebilmek için bu değerlendirme sonuçlarının ağırlıklı ortalaması alınarak en uygun olan seçilmektedir.

Modemler ile ilgili yaygın olarak kullanılan geri kazanım opsiyonları incelenmiş ve işletme içinde uygulamada yer bulan aşağıda detayları verilen 5 alternatif tespit edilmiştir.

1. Direkt satış (R1) opsiyonunda cihaz ile ilgili herhangi bir işlem yapılma kararı verilmez. Envantere doğrudan satışa hazır statüsünde alınır. En hızlı ve düşük maliyetli geri dönüşüm opsiyonu olsa da cihazlarda herhangi bir işlem yapılamayacağı için sonrasında müşteri şikayetine en fazla ihtimal oluşturan geri kazanım opsiyonudur.

2. Tadilat (R2) opsiyonu cihaz üzerinde küçük ölçekli tadilatların yapılmasını kapsar. Özellikle ürünün fiziksel görünümünü etkileyecek temizlik işlerini içerir. Yapısal düzeltmelerin yapılmadığı ancak cihazın görsel olarak yenilenerek yeni müşteriye

hazır hale getirildiği süreçte olası arıza ve müşteri memnuniyetsizliği azaltılmaktadır.

3. Bakım/tamirat (R3) opsiyonunda ürün çalışır durumda olsa da fiziksel veya fonksiyonel olarak yapısal tamiratlar yapılır. Ürünün kasa veya anten değişimi gibi işlemler bu kapsamda değerlendirilir.

4. Yedek parça (R4) opsiyonunda cihaz bir daha kullanılamaz. Yeniden kullanılmayacak cihaz parçalarına ayrılarak sonraki tamirat işlemlerinde yedek parça olarak kullanılır.

5. Ham madde geri dönüşümünde (R5) cihaz bir daha kullanılamaz olarak işaretlenmektedir. Bu opsiyonda cihazın yedek parça değerinin de olmadığı değerlendirilerek ham madde dönüşüme yönlendirilerek ham madde kazancı elde edilir.

4.2. Önerilen KB-AHP KB-TOPSIS bütünlük ÇKKV modelinin uygulanması

(Implementation of the proposed KB-AHP KB-TOPSIS integrated MCDV model)

Değerlendirme kriterlerinin ve alternatif geri kazanım opsiyonlarının belirlenmesinden sonra, karar verici görüşleri karşılaştırma matrisleri hazırlanarak toplanmıştır. Her iki departmandan uzman ve deneyimli çalışanlar kendi departmanlarının hedefleri doğrultusunda görüş bildirerek matrisler üzerinde karar birliği sağlamışlardır. Toplanan bu ortak görüşler, KB-AHP sürecinde kullanılmış ve böylece kriterlerin ağırlıkları iki farklı departman için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Daha sonra, karar vericilerin alternatifler bazındaki görüşleri belirlenen senaryolar üzerinden yine iki farklı departman için ayrı olmak üzere toplanmıştır. Elde edilen bu bilgiler ise bulunan kriter ağırlıkları ile birlikte KB-TOPSIS sürecinde kullanılmış ve alternatifler arasında en iyi tercih belirlenmiştir.

Oluşturulan bütünlük ÇKKV modelinde 12 adet değerlendirme kriterinin 3 farklı durumu için toplamda (3^{12}) 531.441 adet girdi kombinasyonunun tamamı değerlendirilmiştir. Her bir kombinasyon bir senaryo olarak sisteme verilerek ayrı ayrı hesaplanmıştır. Tüm bu kombinasyonlar her iki departman için değerlendirilmiştir. Departmanlar arasındaki stratejik ağırlık müşteri deneyimi=1, pazarlama=0 olacak şekilde başlayıp 0.1 adım aralığında değiştirilerek sonuçta müşteri deneyimi=0, pazarlama=1 olacak şekilde toplam 11 farklı stratejik ağırlık kombinasyonunda ortalama alınmıştır. Böylece toplamda (11×531.441) 5.845.851 senaryonun nihai ortalama sonucu elde edilmiştir.

Bu veriler ile ilgili incelemeler, uygulama sonuçları bölümünde detaylandırılmaktadır. Sunulan modelin detaylı uygulama adımları seçilen örnek bir senaryo üzerinden açıklanarak aşağıda sunulmaktadır.

Adım 1. Problemin ve alternatiflerin belirlenmesi : Başlangıç adımı olarak, Bölüm 4.1.'de açıklandığı üzere problem tanımlanmış, alternatifler (geri kazanım opsiyonları) ve kriterler (değerlendirme kriterleri) belirlenmiştir. Sistem analizine göre 3 ana kriter, 12 alt kriter ve 5 karar alternatifi bulunmaktadır.

Adım 2. Kriterler için karar vericilerin görüşlerinin toplanması : Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için Müşteri deneyimi ve Pazarlama olmak üzere iki farklı departmandan karar vericiler belirlenmiştir. Karar vericilerin görüşleri karşılaştırma matrisleri hazırlanarak toplanmıştır. Bu kapsamda öncelikle karar vericiler konu hakkında bilgilendirilmiş ve Tablo 1'de yer alan 9'lu ölçeği kullanarak kriter çiftleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmeleri istenmiştir. Aynı departman içerisinde yer alan karar vericiler eşit önem derecesinde kabul edilerek uzlaşık görüşleri alınmıştır. Ağırlık hesaplamaları iki farklı departman için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Adım 3. Kriter ağırlıklarının KB-AHP yöntemi kullanılarak hesaplanması : Kriter ağırlıkları Şekil 2 ile sunulan KB-AHP yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır.

Adım 3.1. Problemin hiyerarşik yapısının ve karşılaştırma matrislerinin oluşturulması: Bölüm 4.2. kapsamında problem yapısı kurulmuştur (Şekil 4 ile sunulmaktadır). Karşılaştırma matrisleri Adım 2 kapsamında oluşturulmuştur.

Adım 3.2. Karar vericilerin görüşlerinin toplanması: Adım 2 kapsamında iki farklı departmandan karar vericilerin uzlaşık görüşleri toplanmış ve Tablo 1 ile sunulan değerlendirme ölçekleri bazında ikili karşılaştırma matrisleri elde edilmiştir. Tablo 2, 3, 4a ve 4b ile Müşteri Deneyimi departmanı için örnek karar matrisleri sunulmaktadır.

Adım 3.3. SI eşitliği ile indeks değerlerinin hesaplanması: Şekil 2 ile sunulan KB-AHP uygulama adımı 3 kapsamında sunulan eşitliklerin kullanılması ile indeks değerler hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 1 ile sunulmaktadır.

Adım 3.4. Karşılaştırma matrislerinin tutarlılığının kontrol edilmesi: Şekil 2 ile sunulan KB-AHP uygulama adımı 4 kapsamında sunulan hesaplamalar yürütülerek tutarlılık değerleri hesaplanmıştır. Seçilen müşteri deneyimi karşılaştırma matrisleri için bu değerler, ana kriter karşılaştırması için 0,07; envanter durumu alt kriterlerinin karşılaştırması için 0,1; cihaz geçmişi alt kriterleri karşılaştırması için, 0,1 ve cihaz durumu alt kriterleri karşılaştırması için 0,05 olarak

hesaplanmıştır. Değerlerin 0,1 değerine eşit ve küçük olması ilgili görüşlerin tutarlılığını kanıtlamaktadır.

Adım 3.5. Her kriter için ağırlık değerlerinin bulunması: Eşitlik 7 ile sunulan SWAM operasyonu kullanılarak küresel bulanık ağırlık değerleri elde edilmiştir. Uygulama örneği olması adına müşteri deneyimi ana kriterlerinin karşılaştırma matrisi Tablo 5 ile sunulmaktadır.

Tablo 2 . Müşteri Deneyimi departmanı ana kriter karşılaştırma örneği
(Customer Experience department main criteria comparison example)

| | Envanter Durumu | Cihaz Geçmişi | Cihaz Durumu |
|-----------------|-----------------|---------------|--------------|
| Envanter Durumu | EI | VLI | ALI |
| Cihaz Geçmişi | VHI | EI | SLI |
| Cihaz Durumu | AMI | SMI | EI |

Tablo 3. Müşteri Deneyimi departmanı Envanter Durumu alt kriterleri karşılaştırma örneği
(Customer Experience department Inventory Status sub-criteria comparison example)

| ENVANTER DURUMU | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
| E1 | EI | HI | SMI | SLI | LI |
| E2 | LI | EI | SMI | SLI | LI |
| E3 | SLI | SLI | EI | LI | VLI |
| E4 | SMI | SMI | HI | EI | SMI |
| E5 | HI | HI | VHI | SLI | EI |

Tablo 4. Müşteri Deneyimi Departmanı Cihaz Geçmişi(a) ve Cihaz Durumu (b) alt kriterleri karşılaştırma örneği
(Customer Experience Department Device History(a) and Device Status (b) sub-criteria comparison example)

| CİHAZ GEÇMİŞİ (a) | | | | CİHAZ DURUMU (b) | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|
| | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 | E11 | E12 |
| E6 | EI | HI | SLI | VLI | E10 | EI | VHI |
| E7 | LI | EI | VLI | ALI | E11 | VLI | EI |
| E8 | SMI | VHI | EI | LI | E12 | LI | SMI |
| E9 | VHI | AMI | HI | EI | | | |

Adım 3.6. Bulanık değerlerin durulaştırılması : Şekil 2 ile sunulan KB-AHP uygulama adımı 4 kapsamında sunulan S_j eşitliğinin kullanılması ile küresel bulanık durumda bulunan değerler kesin değerlere dönüştürülmüştür. Tablo 5'te yer alan envanter durumu

Tablo 1. Farklı değerlendirme ölçekleri bazında dilsel tanımlar ve küresel bulanık küme karşılıkları (Ayyıldız ve Taşkın [21])
(Linguistic definitions and equivalents of globular fuzzy clusters on the basis of different rating scales (Ayyıldız and Taşkın [21]))

| Dilsel Tanım | KB (9'lu ölçek) ($\mu ; \nu ; \pi$) | İndeks Değerleri (SI) |
|--|---------------------------------------|-----------------------|
| Son derece önemli (Kesin Üstünlük)-AMI | (0,9 ; 0,1 ; 0,1) | 9 |
| Çok önemli (Çok Üstünlük)-VHI | (0,8 ; 0,2 ; 0,2) | 7 |
| Oldukça önemli (Fazla Üstünlük)-HI | (0,7 ; 0,3 ; 0,3) | 5 |
| Biraz daha önemli (Az Üstünlük)-SMI | (0,6 ; 0,4 ; 0,4) | 3 |
| Eşit önemde-EI | (0,5 ; 0,5 ; 0,5) | 1 |
| Biraz daha düşük öneme sahip-SLI | (0,4 ; 0,6 ; 0,4) | 1/3 |
| Oldukça düşük öneme sahip-LI | (0,3 ; 0,7 ; 0,3) | 1/5 |
| Çok düşük öneme sahip-VLI | (0,2 ; 0,8 ; 0,2) | 1/7 |
| Son derece düşük öneme sahip-ALI | (0,1 ; 0,9 ; 0,1) | 1/9 |

değerleri kullanılarak yapılan örnek hesaplama Eşitlik 9'da verilmektedir.

$$S_j = \sqrt{100 \left[\left(3\mu_{\alpha_j} - \frac{\pi_{\alpha_j}}{2} \right)^2 - \left(\frac{v_{\alpha_j}}{2} - \pi_{\alpha_j} \right)^2 \right]}$$

$$= \sqrt{100 \left[\left(3(0,325) - \frac{0,583}{2} \right)^2 - \left(\frac{0,663}{2} - 0,583 \right)^2 \right]} = 6,364 \quad (9)$$

Adım 3.7. Nihai ağırlıkların bulunması: Adım3.6. kapsamında bulunan S_j değerleri, Şekil 2 Adım 7 kapsamında verilen eşitlik ile normalize edilerek öncelikle lokal ağırlıklar bulunmuştur. Daha sonra, ana kriter ağırlığı ile çarpılarak her bir alt kriter için nihai ağırlık değerleri elde edilmiştir. Yapılan hesaplamalar her iki departman için de ayrı ayrı yürütülerek tüm kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. Kriterlerin nihai değerleri Tablo 6 ile sunulmaktadır.

Adım 4. Kriterler için İyi-Orta-Kötü senaryoların belirlenmesi: Kriter ağırlıklarının belirlenmesinin ardından karar modelinde kullanılacak her bir kriter için kriterin karar anındaki olası durumunu yansıtan farklı senaryolar oluşturulmuştur. Literatürdeki mevcut çalışmalardan farklı olarak bu senaryoların oluşturulmasının temel amacı kriterlerin her bir modem bazında değişkenlik gösterebilecek dinamik bir yapıya sahip olmasıdır. Bu sebeple, önerilen modelin söz konusu dinamik yapıya adapte olabilen doğru kararlar üretebilmesi için her bir kritere göre iyi-orta-kötü değer aralıkları oluşturularak senaryolar elde edilmiştir (Değer aralık bilgileri bilgi güvenliği sebebi ile paylaşılamamaktadır).

Adım 5. Alternatifler için karar vericilerin görüşlerinin alınması: Pazarlama ve Müşteri deneyimi departmanlarından ayrı ayrı her bir alternatif için karar verici görüşleri toplanmıştır. İlgili departmanlar kendi içlerinde görüşleri toplayıp değerlendirmektedir. Değerlendirmelerin ardından her kriter için nihai ortak karar belirlenmektedir. Her bir değerlendirme kriteri 3 senaryoda (iyi-orta-

kötü) kategorize edebilmek için değer aralıklarına ayrılmıştır. Değerlendiriciler ilgili kriterin kendi değer aralığında alt, orta ve üst sınırdaki gerçekleşme ihtimallerine göre, 3 senaryo için değerlendirme yapmaktadır. Elde edilen sonuçlar bu değer aralıklarına konumlandırılarak hangi senaryoya denk geldiği bulunmaktadır. Bu kapsamda oluşturulan İyi-Orta-Kötü senaryoları için ayrı ayrı olmak üzere kriter-alternatif matrisleri hazırlanarak karar vericilerin görüşlerini bildirmeleri istenmiştir. Bu kapsamda öncelikle karar vericiler konu hakkında bilgilendirilmiş ve Tablo 7'de yer alan 5'li ölçeği kullanarak değerlendirmeleri talep edilmiştir. Aynı departman içerisinde yer alan karar vericiler eşit önem derecesinde kabul edilerek uzlaşık görüşleri alınmıştır

Tablo 7. Farklı değerlendirme ölçekleri bazında dilsel tanımlar ve küresel bulanık küme karşılıkları (Sharaf [27] çalışmasından uyarlanmıştır.)
(Linguistic definitions and spherical fuzzy set equivalents on the basis of different rating scales (adapted from Sharaf [27] study))

| Dilsel Tanım | KB (5'li ölçek) ($\mu ; v ; \pi$) |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| En iyi (Kesin Üstünlük) –VG | (0,9 ; 0,1 ; 0,1) |
| İyi (Üstünlük) –G | (0,7 ; 0,3 ; 0,3) |
| Eşit –F | (0,5 ; 0,5 ; 0,5) |
| Kötü –P | (0,3 ; 0,7 ; 0,3) |
| En Kötü –VP | (0,1 ; 0,9 ; 0,1) |

Adım 6. Alternatiflerin KB-TOPSIS yöntemi kullanılarak hesaplanması : Alternatiflerin sıralanması Şekil 3 ile sunulan KB-TOPSIS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. İşlemler her iki departman için ayrı ayrı yürütülmüştür.

Adım 6.1. Alternatifler için karar vericilerin görüşlerinin toplanması: Bölüm 4.2. kapsamında problem yapısı kurulmuştur (Şekil 4 ile sunulmaktadır). Karşılaştırma matrisleri Adım 5 kapsamında oluşturulmuştur. Tablo 8 ile Müşteri Deneyimi departmanı için örnek bir karşılaştırma matrisi sunulmaktadır.

Tablo 5. Müşteri deneyimi departmanı ana kriter karşılaştırması örnek hesaplamaları
(Customer experience department main criteria comparison example calculations)

| | Envanter Durumu | Cihaz Geçmiş | Cihaz Durumu | ($\mu ; v ; \pi$) | S_j |
|-----------------|-----------------|--------------|--------------|-------------------------|--------|
| Envanter Durumu | EI | VLI | ALI | (0,325 ; 0,663 ; 0,583) | 6,364 |
| Cihaz Geçmiş | VHI | EI | SLI | (0,662 ; 0,367 ; 0,677) | 14,465 |
| Cihaz Durumu | AMI | SMI | EI | (0,739 ; 0,225 ; 0,626) | 18,378 |

Tablo 6. Nihai kriter ağırlıkları (Final criteria weights)

| KRİTERLER | PAZARLAMA | | MÜŞTERİ DENEYİMİ | |
|---|---------------|---------------|------------------|---------------|
| | Lokal Ağırlık | Nihai ağırlık | Lokal Ağırlık | Nihai ağırlık |
| Ana Kriter: Envanter Durumu | 0,483 | | 0,162 | |
| E1 Günlük uygun envanter miktarı | 0,265 | 0,128 | 0,204 | 0,033 |
| E2 Envanterdeki tamirat bekleyen cihaz sayısı | 0,140 | 0,068 | 0,165 | 0,027 |
| E3 Envanterdeki yedek parça sayısı | 0,140 | 0,068 | 0,138 | 0,022 |
| E4 Satış tahminleri | 0,235 | 0,114 | 0,233 | 0,038 |
| E5 Geri dönüş tahminleri | 0,220 | 0,106 | 0,259 | 0,042 |
| Ana Kriter: Cihaz Geçmiş | 0,231 | | 0,369 | |
| E6 Ürünün geri kazanım sayısı | 0,235 | 0,054 | 0,224 | 0,083 |
| E7 Ürünün yeniden satış kazanım sayısı | 0,156 | 0,036 | 0,136 | 0,050 |
| E8 Ürünün yeniden tadilat kazanım sayısı | 0,267 | 0,062 | 0,276 | 0,102 |
| E9 Ürünün yeniden bakım/onarım kazanım sayısı | 0,343 | 0,079 | 0,364 | 0,134 |
| Ana Kriter: Cihaz Durumu | 0,286 | | 0,469 | |
| E10 Ürünün geçmiş arıza sayısı | 0,475 | 0,136 | 0,457 | 0,214 |
| E11 Ürünün envanterde bekleme süresi | 0,175 | 0,050 | 0,238 | 0,112 |
| E12 Ürünün müşteride hizmet süresi | 0,350 | 0,100 | 0,305 | 0,143 |

Adım 6.2. Ağırlıklandırılmış karar matrisinin hesaplanması: Tablo 8 ile toplanan veriler küresel bulanık küme değerlerine çevrilerek Şekil 3 ile sunulan KB-TOPSIS yöntemi uygulama adımı 2 kapsamında sunulan matris yapısında oluşturulmuştur. Daha sonra, KB-AHP yöntemi ile belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak ağırlıklandırılmış matris elde edilmiştir. Ağırlıklar ile çarpım işlemi, eşitlik 5 ile sunulan, \tilde{A}_S kümesi ve λ sabitinin çarpımı şeklinde yürütülmüştür. Örnek oluşturması amacı ile, Tablo 8 ile sunulan değerlendirmelerden, kötü senaryo altında E1 kriteri için yapılan değerlendirmenin ağırlıklandırılmış hesaplaması Eşitlik 10'da sunulmaktadır.

$$\lambda \times \tilde{A}_S = \left\{ \begin{array}{l} (1 - (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda)^{0,5}, \\ v_{\tilde{A}_S}^\lambda, ((1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda - (1 - \mu_{\tilde{A}_S}^2 - \pi_{\tilde{A}_S}^2)^\lambda)^{0,5} \end{array} \right\}$$

$$= 0,265 \times \{0,7; 0,3; 0,3\}$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} (1 - (1 - 0,7^2)^{0,265})^{0,5}, \\ 0,3^{0,265}, \\ (((1 - 0,7^2)^{0,265} - (1 - 0,7^2 - 0,3^2)^{0,265})^{0,5} \end{array} \right\}$$

$$= \{0,994; 0,961; 0,079\} \tag{10}$$

Adım 6.3. Karar matrisi değerlerinin durulaştırılması: Ağırlıklandırılmış karar matrisi küresel bulanık değerler şeklinde oluşturulduğu için ilerleyen adımlarda en iyi ve en kötü değerlerin belirlenebilmesi amacıyla durulaştırılması gerekmektedir. Bu amaçla Şekil 3'te yer alan yöntem adımı 3 kapsamında verilen puanlama eşitliği kullanılmıştır. Eşitlik 11'de-adım 6.2 kapsamında kullanılan değerlerin hesaplaması örnek olarak verilmektedir.

$$S(C_j(X_{iw})) = \left(2\mu_{ijw} - \frac{\pi_{ijw}}{2}\right)^2 - \left(v_{ijw} - \frac{\pi_{ijw}}{2}\right)^2$$

$$= S(C_1(X_{11})) = \left(2(0,994) - \frac{0,079}{2}\right)^2 - \left(0,961 - \frac{0,079}{2}\right)^2$$

$$= 2,948 \tag{11}$$

Adım 6.4. Pozitif ve Negatif en iyi çözümlerin belirlenmesi: Adım 6.3. kapsamında tüm kriterler için tüm senaryolar bazında işlemler yürütülerek puan değerleri elde edilmiştir. Bu puanlara göre pozitif en iyi ve negatif en iyi çözümler, Şekil 3-adım 4 kapsamında sunulan eşitlik ilkeleri gözetilerek belirlenmiştir. Seçim yapıldıktan sonra değerler tekrar küresel bulanık değerlere dönüştürülerek işlemler yürütülmüştür.

Adım 6.5. Alternatiflerin Pozitif ve Negatif en iyi çözümlere uzaklıklarının hesaplanması: Alternatiflerin pozitif ve negatif en iyi çözümlere uzaklıklarının hesaplanması için ilgili kriterin hangi senaryo altında olduğunun bilgisine sahip olunması gerekmektedir. Bu durumun temel nedeni, en iyi çözüm değerlerinin farklı senaryolar altında farklı değerlere sahip olmasıdır. Bu çalışma kapsamında tüm olası senaryo alternatifleri oluşturularak her bir departman için 531.441 (12 kriterin her birinin iyi-orta-kötü olmasının yol açtığı kombinasyon sayısı, 3^{12}) adet sonuç elde edilmiştir. Bu analiz değerlendirmeleri Bölüm 4.3 altında sunulmaktadır. Önerilen bütünlüklük KB-AHP KB-TOPSIS ÇKKV modelinin sonraki adımlarında yapılan hesaplamaların daha açıklayıcı anlatılması için seçilen bir örnek senaryo kullanılmaktadır. Esasen, önerilen model seçilen senaryolar ya da senaryoların tamamı için bu hesaplamaları yapabilmektedir. Tamamen rastsal olarak seçilen örnek senaryoda kriterlerin durumları E1: Kötü; E2: Orta; E3: İyi; E4: İyi; E5: Kötü; E6: Orta; E7: Orta; E8: İyi; E9: Kötü; E10: Kötü; E11: İyi ve E12: Kötü olarak belirlenmiştir. Bu durumda, Şekil 3-adım 5 kapsamında sunulan uzaklık formülleri kullanılarak her bir alternatif için $D(X_i, X^-)$ ve $D(X_i, X^*)$ değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler Tablo 9'da sunulmaktadır.

Adım 6.6. Yakınlık oranı değerlerinin hesaplanması: Adım 6.5'de bulunan uzaklık değerleri kullanılarak, Şekil 3-adım 6 kapsamında sunulan $\xi(X_i)$ eşitliği kullanılarak her iki departman için ayrı ayrı olmak üzere tüm alternatiflerin yakınlık oranları hesaplanmıştır. İlgili sonuçlar Tablo 9 ile sunulmaktadır.

Tablo 8. Müşteri Deneyimi Departmanı için örnek karşılaştırma değerlendirmesi
(Sample benchmark review for the Customer Experience Department)

| Değerlendirme faktörü | Kötü/Az | | | | | Orta | | | | | İyi/Çok | | | | |
|-----------------------|---------|----|----|----|----|------|----|----|----|----|---------|----|----|----|----|
| | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 |
| E1 | G | VG | F | P | VP | F | VG | G | P | VP | P | VG | G | F | VP |
| E2 | VP | G | F | VG | P | VG | F | P | G | VP | VP | G | P | VG | F |
| E3 | VP | G | VG | F | P | VG | F | G | P | VP | VP | G | VG | P | F |
| E4 | P | G | VG | F | VP | F | VG | G | P | VP | G | VG | F | P | VP |
| E5 | P | G | VG | F | VP | P | F | VG | G | VP | VP | F | VG | G | P |
| E6 | F | VG | G | P | VP | P | G | VG | F | VP | VP | F | VG | G | P |
| E7 | P | VG | G | F | VP | P | G | VG | F | VP | P | G | VG | F | VP |
| E8 | P | F | VG | G | VP | VP | F | VG | G | P | VP | P | VG | G | F |
| E9 | VP | P | G | VG | F | VP | P | F | VG | G | VP | P | F | G | VG |
| E10 | VP | P | F | VG | G | VP | P | F | G | VG | VP | P | F | G | VG |
| E11 | G | VG | F | P | VP | G | VG | F | P | VP | F | VG | G | P | VP |
| E12 | VP | F | VG | G | P | VP | P | VG | G | P | VP | P | VG | G | F |

Tablo 9. Seçilen örnek senaryoda karar alternatifleri için uzaklık değerleri
(Distance values for decision alternatives in the selected sample scenario)

| | PAZARLAMA | | | MÜŞTERİ DENEYİMİ | | |
|----|---------------|--------------|------------|------------------|--------------|------------|
| | $D(X_i, X^-)$ | (X_i, X^*) | $\xi(X_i)$ | $D(X_i, X^-)$ | (X_i, X^*) | $\xi(X_i)$ |
| R1 | 0,130 | 0,061 | 0,680 | 0,054 | 0,144 | 0,273 |
| R2 | 0,116 | 0,073 | 0,615 | 0,097 | 0,110 | 0,469 |
| R3 | 0,125 | 0,107 | 0,539 | 0,130 | 0,081 | 0,614 |
| R4 | 0,061 | 0,112 | 0,352 | 0,133 | 0,077 | 0,632 |
| R5 | 0,000 | 0,140 | 0,000 | 0,092 | 0,118 | 0,437 |

Adım 7. Kararların entegrasyonu: Adım 6 sonunda KB-TOPSIS adımları tamamlanarak her bir departman için ayrı ayrı olmak üzere en iyi alternatifler seçilebilmektedir. Adım 6 sonundaki sonuçlar baz alındığında, Pazarlama departmanı için en iyi çözüm R1 stratejisini, Müşteri Deneyimi departmanı içinse R4 stratejisini seçmektir. Elbette bu çözümler Adım 6.5. kapsamında bahsedilen örnek senaryo içindir. Öte yandan, firma açısından nihai karara ulaşılabilmesi için her iki departman kararının entegre edilmesi gerekmektedir. Bu noktada departman stratejilerinin ağırlıkları kullanılarak ağırlıklı ortalama hesaplama yöntemi ile sonuç bulunmaktadır.

Müşteri deneyimi ve Pazarlama departmanlarının önem ağırlıkları toplamları 1 olacak şekilde ve 0,1 adım aralığında değiştirildiğinde toplamda 11 farklı önem ağırlığı kombinasyonu elde edilmektedir. Kriterlerin durumuna göre 531.441 adet olası senaryo da göz önüne alındığında toplamda 5.845.851 noktada veri elde edilmiştir. Bu veriler ile ilgili analiz sonuçları Bölüm 4.3'te sunulmaktadır. Öte yandan önerilen modelin işleyiş mekanizmasındaki hesaplamaların daha açıklayıcı anlatılması bakımından Pazarlama departmanı önem ağırlığı 0,7 ve Müşteri Deneyimi departmanı önem ağırlığı 0,3 örnek olarak ele alınıp işlemler açıklanmıştır.

Adım 8. En iyi karar stratejisinin belirlenmesi: Kriter senaryosunun E1: Kötü; E2: Orta; E3: İyi; E4: İyi; E5: Kötü; E6: Orta; E7: Orta; E8: İyi; E9: Kötü; E10: Kötü; E11: İyi ve E12: Kötü olduğu ve Pazarlama departmanı önem ağırlığı 0,7 ve Müşteri Deneyimi departmanı önem ağırlığı 0,3 olduğu örnek durumuna göre nihai değerler hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda, karar alternatiflerinin yakınlık oranları R1: 0,558; R2: 0,571; R3: 0,561; R4: 0,436 ve R5: 0,131 olarak bulunmuştur. Seçilen örnek duruma göre firma için en iyi seçenek en yüksek puana sahip olan R2 geri kazanım opsiyonu olarak seçilmiştir.

4.3. Uygulama Sonuçları ve Duyarlılık Analizi (Application Results and Sensitivity Analysis)

Bölüm 4.2'de önerilen modelin işleyişi adım adım açıklanmıştır. İlgili adımlarda bahsedildiği gibi uygulamanın çalışma sistemini gösterebilmek için rastsal senaryo seçimi yapılarak açıklamalar verilmiştir. Önerilen modelde daha önce açıklandığı gibi toplam

5.845.851 veri elde edilmiştir (tüm mümkün kriter senaryoları x tüm mümkün strateji ağırlık kombinasyonları). Bu veri seti, öncelikle farklı senaryoların karşılaştırması amacıyla incelenerek sunulan modelin işleyişi kontrol edilmiştir. Daha sonra her bir senaryo bazında ve departmanların farklı önem ağırlıklarına sahip olmaları durumlarına göre duyarlılık analizleri yapılmıştır. Elde edilen inceleme sonuçları burada detaylı olarak sunulmaktadır.—Aşağıda öncelikle Müşteri deneyimi ve Pazarlama departmanlarının karakteristikleri göz önünde tutularak elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Daha sonra geri kazanım kararlarının değişimleri üzerinde elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

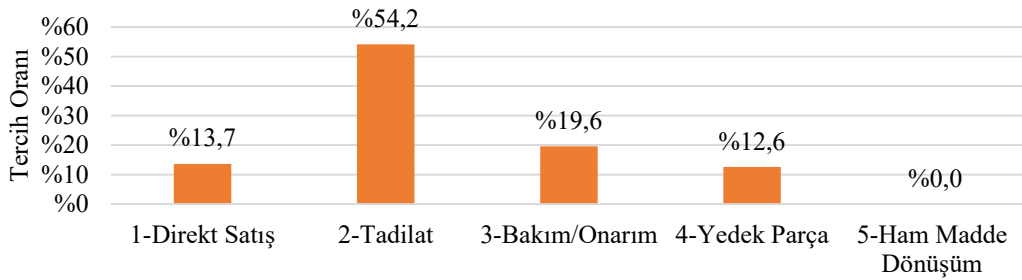
4.3.1. Departman karakteristikleri (Department characteristics)

Pazarlama yaklaşımı cihazların mümkün olduğunca kullanılmasını sağlamaya yöneliktir. Tüm olası senaryolar için pazarlama kararlarının dağılımı Şekil 5'te verilmiştir. Baskın olarak tadilat kararı vererek cihazların yaşam döngüsünü en düşük maliyetle uzatmaktadır. Ham madde dönüşüm kararı alınmamakla birlikte cihazlar sürekli döngü içerisinde tutulmaktadır.

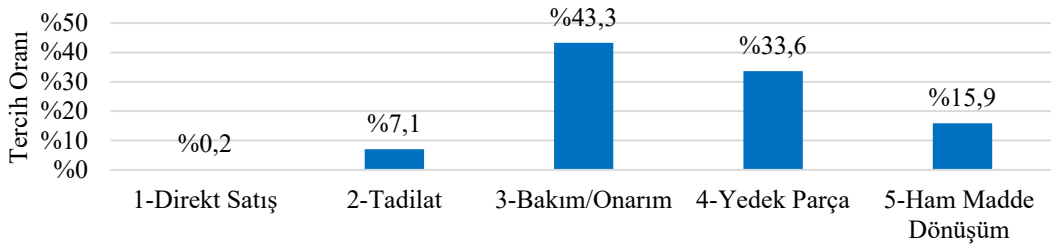
Benzer inceleme, müşteri deneyimi bakış açısıyla Şekil 6'da verilmektedir. Burada temel hedef müşteri memnuniyeti olduğundan, Pazarlama departmanının aksine direkt satış opsiyonu neredeyse kullanılmamaktadır. Tadilat opsiyonuna düşük de olsa yer veren Müşteri deneyimi kararlarında baskın karar köklü tamiratların ve yenilemelerin yapıldığı bakım/onarım olmuştur. Bunu destekleyen yedek parça kararı da paralel olarak etkindir. Düşük olmayacak bir şekilde ham madde kararı vererek de envanteri yenileme yaklaşımı gözlemlenmiştir.

4.3.2. Geri kazanım opsiyonlarının karar çıktıları (Decision outcomes of recovery options)

Departmanların doğrudan etkili olduğu geri kazanım opsiyonları yukarıda incelenmiş olsa da nihai şirket kararı bu alt departmanların kararlarının ağırlıklı ortalaması ile elde edilmektedir. Bölüm 4.2'de hesaplama detayları verilen 5.845.851 adet tüm olası sonuç setinin kararlar üzerindeki dağılımı incelendiğinde Şekil 7'deki grafik elde edilmiştir.



Şekil 5. Pazarlama karar dağılımı (Marketing decision distribution)



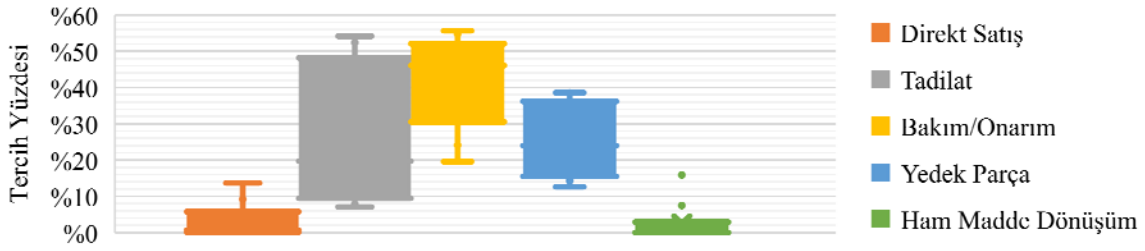
Şekil 6. Müşteri Deneyimi karar dağılımı (Customer Experience decision distribution)

Şekil 7’de her bir geri kazanım opsiyonunun tüm farklı stratejik ağırlıklarda tercih edilme dağılımları görülmektedir. Örneğin Tadilat opsiyonu stratejik ağırlıklar ve girdiler doğrultusunda, yaklaşık %10 ile %48 aralığında tercih edilmektedir. Her olası durum göz önüne alındığında Tadilat kararı yaklaşık %7’den az ve %54’den fazla olmamaktadır. Grafikten anlaşılacağı üzere tadilat, bakım/onarım ve yedek parça kararları yoğun olarak verilmektedir. Direkt satış ve ham madde geri dönüşüm kararları bazı stratejik ağırlıklarda tamamen ortadan kalkmaktadır. Bu geri kazanım opsiyonları en kritik kararlar olup tercih oranları diğer opsiyonlara kıyasla daha düşük olmaktadır. Bir diğer bakış açısında ise tadilat, bakım/onarım ve yedek parça kararları departmanlara göre strateji ağırlıkları değiştikçe tercih aralığı en çok etkilenen kararlardır.

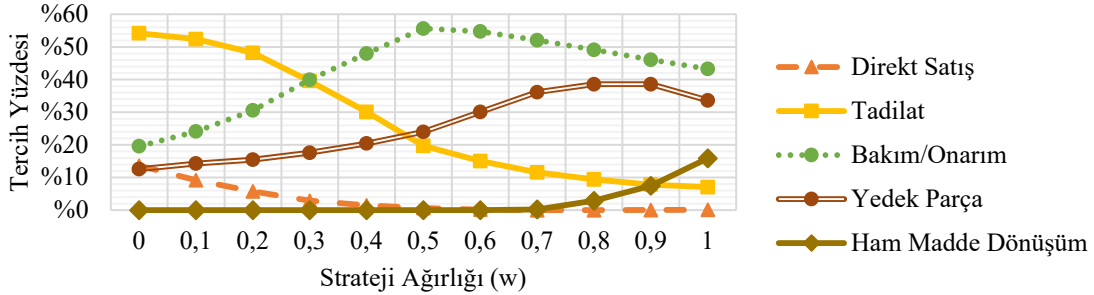
Geri kazanım opsiyonlarının seçilmesindeki tercih oranlarının strateji ağırlığına göre değişimi Şekil 8’de ayrıca gösterilmiştir. Böylece

strateji ağırlığının kararlar üzerindeki etkisi gözlemlenebilmektedir. Grafikte $w=0$, %100 Pazarlama kararı; $w=1$, %100 müşteri deneyimi kararını temsil etmektedir.

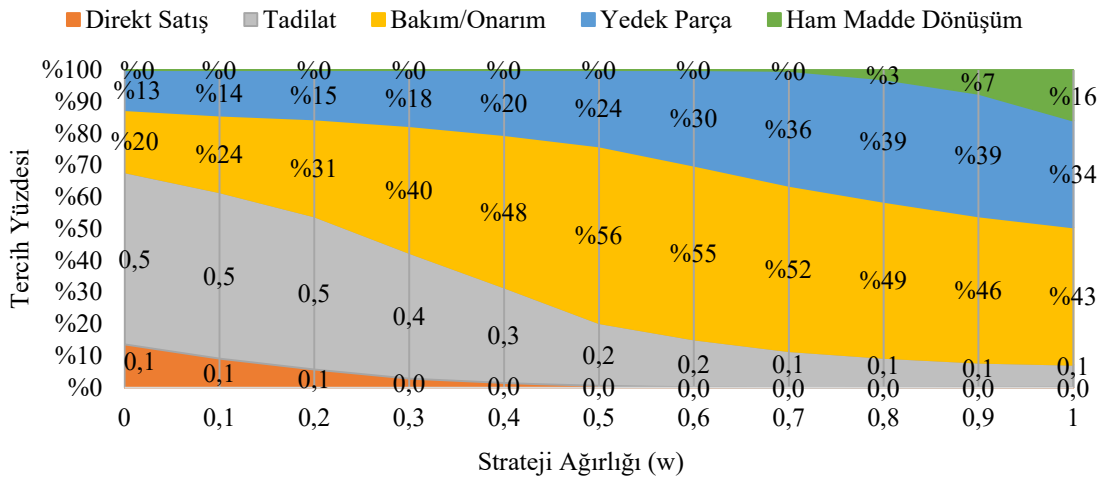
İki uç karar olan direkt satış ve ham madde dönüşüm kararları strateji ağırlığının değişimi ile artan ve azalan bir yönelim göstermektedir. Müşteri deneyimi etkisi arttıkça direkt satış kararı ortadan kalkmaya başlamaktadır. Ayrıca tadilat kararı müşteri deneyimi departmanı ağırlığı arttıkça düzenli bir şekilde azalmaktadır. Öte yandan bakım/onarım ve yedek parça kararları müşteri deneyimi etkisinde daha çok tercih eğrisi göstermektedir. Şekil 9’da geri kazanım opsiyonlarının stratejik ağırlıkların değişimine göre etkinliğinin yüzde dağılımı yüzey grafikte de verilmiştir. Grafikte $w=0$, %100 Pazarlama kararı; $w=1$, %100 müşteri deneyimi kararını temsil etmektedir. Stratejik ağırlıkta müşteri deneyiminin ağırlığı arttıkça direkt satış tercihi azalır



Şekil 7. Karar opsiyonlarının tercih edilme dağılımı (Preferred distribution of decision options)



Şekil 8. Stratejik ağırlıkların tercihlere etkisi (The effect of strategic weights on preferences)



Şekil 9. Stratejik ağırlıkların tercihler etkisi (Effect of strategic weights on preferences)

Tablo10. Senaryolara göre departman kararları (Departmental decisions based on scenarios)

| | Senaryolar | | |
|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| Departman kararı | Tüm kriterler Kötü | Tüm kriterler Orta | Tüm kriterler İyi |
| Pazarlama | Yedek Parça | Tadilat | Direkt Satış |
| Müşteri Deneyimi | Yedek Parça | Yedek Parça | Tadilat |

kaybolurken ham madde dönüşümü tercihi oluşmaya başlamaktadır. Bakım/Onarım tercihi her iki departmana hizmet eden bir opsiyondur. Müşteri memnuniyeti açısından problem çıkartmayacak şekilde bakım faaliyetlerini cihazların yaşam döngüsünü devam ettirdiği için yeni cihaz maliyetine engel olmaktadır.

Bu çalışmada önerilen bütünlük ÇKKV modeli telekomünikasyon sektöründe modem cihazları temel alınarak uygulanmıştır. Ancak kiralık ürün tiplerinin tamamı için geçerli bir model olup ilgili farklı sektörlerde de uygulanabilir bir potansiyeli vardır. Model temel olarak ürünlerin yaşam döngüsünü değerlendirdiği için uygulamamızda modeme karşılık gelen, örneğin cep telefonu veya el terminali gibi cihazları çalışanlarına kiralayan firmalar için de uygun olmaktadır. Tekrar tekrar farklı müşterilerde kullanımına devam eden tüm ürün modellerinde kriterler ilgili ürüne göre modifiye edilerek model uygulanabilir.

4.3.3. Değerlendirme Kriterlerinin Etkisi (Impact of Evaluation Criteria)

Değerlendirme kriterlerinin etkisini incelemek amacıyla tüm kriterlerin kötü, iyi ve orta olduğu senaryolarda departmanların kararları tablo 10'da değerlendirilmiştir. Kriterler, departmanlara göre kötü olduğunda her iki departman da yedek parça opsiyonuna yönelmektedir. Ancak kriterlerin olumlu olarak değişiminde pazarlama ürün yaşam döngüsünü devam ettirecek şekilde kararını düşük maliyetli bir opsiyon olan Tadilata yönlendirirken, müşteri deneyimi ürünün yeniden kullanımına karşı çıkarak yedek parça kararında etkili olmaktadır. Tüm senaryolar iyi olduğunda sadece müşteri deneyimi tadilat kararına yönelirken, pazarlama departmanı minimum maliyet oluşturan direkt satış alternatifini değerlendirmektedir. Bazı kararlar özellikle belirli kriterlerden daha çok etkilenmektedir. Örneğin Yedek Parça kararında envanterdeki tamirat bekleyen cihaz sayısı son derece önemlidir. Diğer kriterlerin etkisinin azaldığı noktada bu kriter baskın gelebilmektedir. Dolayısıyla, geri kazanım kararlarını etkileyen kriterlerin sistem içindeki değerleri dinamik olarak değiştiğinde, bu çalışmada önerilen yöntemle alınan kararların sistemin içinde bulunduğu duruma adapte olacağı öngörülmektedir.

5. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

Bu çalışmada özellikle kiralık ürünlerin yaşam döngüsü boyunca maruz kaldıkları geri kazanım opsiyonlarının sistem içinde birbirleriyle çelişebilen hedeflere sahip farklı stratejilerin de etkisi göz önünde tutularak değerlendirilmesi üzerinde durulmuştur. Hem ürünlerin yapısı gereği hem sistemin/firmanın dinamiklerinden dolayı geri kazanım opsiyonlarının değerlendirilmesinde çok sayıda değerlendirme kriteri ve bu kriterlerin ürün yaşam döngüsü boyunca değişen ve bazı durumlarda değerlendirmeleri muğlak olan seviyeleri ortaya çıkmaktadır. Müşterilere hizmet vermek üzere kiralanan ürünlerin yaşam döngüsünü ekonomik açıdan en iyi hale getirmek için geri kazanım kararları büyük önem arz etmektedir. Ekonomik açıdan en iyi kararlar araştırılırken bu kararlara etki eden sistem içindeki farklı alt karar mekanizmaları olabilmektedir. Çalışmamızda incelediğimiz sistemde Müşteri deneyimi ve Pazarlama odaklı departmanların stratejileri farklı hedefleri baz almaktadır. Bu farklı hedeflerin, geri kazanım opsiyonlarını etkileyen tüm değerlendirme kriterleri ve bunların yol açabileceği maliyetler göz önünde tutularak

dengelenmesi sistemin genel maliyet toplamının en azlanmasını sağlayacaktır. Departmanların stratejik önem ağırlıklarının sabit kabul edilmesi, geri kazanım opsiyonlarını etkileyen değerlendirme kriterleri değiştiği için iyi bir sonuç vermemektedir. Şirketin envanter durumu ve geri kazanım kararlarını etkileyen diğer faktörlerin değişen strateji önem ağırlıklarına göre analiz edilmesine ihtiyaç vardır. Bu amaçla, KB-AHP ve KB-TOPSIS çok kriterli karar verme teknikleri bütünlükleştirilerek yeni bir karar verme modeli önerilmiştir. Önerilen model, ele alınan dinamik problemin tekrardan ele alınmasına uygun bir yapıdadır. Geri kazanım kararlarını etkileyen kriterlerin değişen değerlerine göre oluşturulan farklı senaryolar ve çelişen hedeflere sahip iki farklı departmanın strateji önem ağırlıklarının farklı kombinasyonları dikkate alınarak büyük bir veri seti telekomünikasyon sektöründeki öncül bir firma için elde edilmiş ve geliştirilen ÇKKV modeli buna göre çalıştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, firmanın verilmiş olan geri kazanım kararlarını incelemesinde ve geleceğe yönelik kararlarını öngörmesinde kullanışlı bulunmuştur. Bu çalışmanın devamında planlanan gelecek çalışmalar arasında, sistemi toplam maliyet en azlamasına yönlendirecek şekilde strateji önem ağırlıklarının dinamik olarak hesaplanmasını sağlayacak gerçek zamanlı bir karar destek sisteminin geliştirilmesi vardır. Ayrıca, geliştirilen ÇKKV modelinin kiralık olmayan ürünler ve/veya telekomünikasyon sektöründen farklı sektörlerde uygulanması da planlanan çalışmalar arasındadır.

Kaynaklar (References)

- Kilic, H. S., Zaim, S., Delen, D., Development of a hybrid methodology for ERP system selection: The case of Turkish Airlines, Decision Support Systems, 66, 82-92, 2014.
- Alamerew, Y. A., Brissaud, D., Circular economy assessment tool for end of life product recovery strategies, Journal of Remanufacturing, 9 (3), 169-185, 2019.
- Vahdani, B., Dehbari, S., & Beni, M., An artificial intelligence approach for fuzzy possibilistic-stochastic multi-objective logistics network design, Neural Comput & Applic, 1887-1902, 2014.
- Alamerew, Y. A., Brissaud, D., Modelling and assessment of product recovery strategies through systems Dynamics, Procedia CIRP, 69, 822-826, 2018.
- Okumura, S., Matsumoto, Y., Hatanaka, Y., Ogohara, K., Simultaneous Evaluation of Environmental Impact and Incurred Cost on Selection of End-Of-Life Products Recovery Options, International Journal of Automation Technology, 10 (5), 699-707, 2016.
- Evler, J., Asadi, E., Preis, H., Fricke, H., Airline ground operations: Schedule recovery optimization approach with constrained resources, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 128, 103129, 2021.
- Chen, Y., Wang, J., Jia, X., Refurbished or remanufactured? An experimental study on consumer choice behavior, Frontiers in psychology, 11, 781, 2020.
- Meng, K., Cao, Y., Peng, X., Prybutok, V., Youcef-Toumi, K., Smart recovery decision-making for end-of-life products in the context of ubiquitous information and computational intelligence, Journal of Cleaner Production, 272, 122804, 2020.
- Meng, K., Lou, P., Peng, X., Prybutok, V., An improved co-evolutionary algorithm for green manufacturing by integration of recovery option selection and disassembly planning for end-of-life products, International Journal of Production Research, 54 (18), 5567-5593, 2016.
- Parlikad, A. K., McFarlane, D., A Bayesian decision support system for vehicle component recovery, International Journal of Sustainable Manufacturing, 1 (4), 415, 2009.

11. Barker, T., & Zabinsky, Z., A multicriteria decision making model for reverse logistics using analytical hierarchy process. *Omega*, 558–573, 2011.
12. Senthil, S., Srirangacharyulu, B., & Ramesh, A., A robust hybrid multi-criteria decision making methodology for contractor evaluation and selection in third-party reverse logistics. *Expert Systems with Applications*, 50-58, 2014.
13. Özceylan, E., & Paksoy, T., Fuzzy multi-objective linear programming approach for optimising a closed-loop supply chain network. *International Journal of Production Research*, 2443–2461, 2013.
14. Moghaddam, K., Fuzzy multi-objective model for supplier selection and order allocation in reverse logistics systems under supply and demand uncertainty. *Expert Systems with Applications*, 6237–6254, 2015.
15. Zadeh, L. A., Fuzzy sets. In *Fuzzy sets, fuzzy logic, and fuzzy systems: selected papers by Lotfi A Zadeh*, 394-432, 1996.
16. Atanassov K.T., Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets Syst.* 20 (1), 87–96, 1996.
17. Smarandache, F., Definiton of neutrosophic logic-a generalization of the intuitionistic fuzzy logic. In *EUSFLAT Conf.*, 141-146, 2003.
18. Torra, V., Hesitant fuzzy sets. *International journal of intelligent systems*, 25 (6), 529-539, 2010.
19. Kutlu Gündoğdu, F., & Kahraman, C., Spherical fuzzy sets and spherical fuzzy TOPSIS method. *Journal of intelligent & fuzzy systems*, 36 (1), 337-352, 2019.
20. Yager, R. R., Pythagorean fuzzy subsets. In *2013 joint IFSA world congress and NAFIPS annual meeting IEEE*, IFSA/NAFIPS 57-61, 2013.
21. Ayyildiz, E. & Taskin, A, A novel spherical fuzzy AHP-VIKOR methodology to determine serving petrol station selection during COVID-19 lockdown: A pilot study for İstanbul. *Socio-Economic Planning Sciences, Economic Planning Science* 101345, 2022
22. Kul Y., Şeker A., Yurdakul M., Usage of fuzzy multi criteria decision making methods in selection of nontraditional manufacturing methods, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 29 (3), 589-603, 2014.
23. Erdemir N., Öztürk F., Kaya G.K., Integrated decision support model for performance evaluation of public staff: using AHP and fuzzy TOPSIS, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 37(4), 1809-1822, 2022.
24. Saaty, T., *The analytic hierarchy process (AHP) for decision making*. In Kobe, Japan 1-69, 1980
25. Dağdeviren M., Tamer E., Analytical hierarchy process and use of 0-1 goal programming methods in selecting supplier firm, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 16 (1), 41-52, 2001.
26. Arıkan F., Küçükçe Y., A supplier selection-evaluation problem for the purchase action and its solution, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 27 (2), 255-264, 2012.
27. Sharaf, I. M., A New Approach for Spherical Fuzzy TOPSIS and Spherical Fuzzy VIKOR Applied to the Evaluation of Hydrogen Storage Systems, 2022.