

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**SÖZLÜ KARAR ANALİZİ YÖNTEMİ TEMELİNDE SALGIN  
DURUMLARINDA POLİMERİK BİYOMALZEME ÜRETEN  
FİRMALARIN KALİTE PERFORMANSLARININ  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**HAZIRLAYAN**

**SÜMEYYENUR SEPETCİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA-2022**



**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
KALİTE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**SÖZLÜ KARAR ANALİZİ YÖNTEMİ TEMELİNDE SALGIN  
DURUMLARINDA POLİMERİK BİYOMALZEME ÜRETEN  
FİRMALARIN KALİTE PERFORMANSLARININ  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**HAZIRLAYAN**

**SÜMEYYENUR SEPETCİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI**

**DR. ÖĞRETİM ÜYESİ FİLİZ KARA**

**ANKARA-2022**

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

..... Anabilim Dalı ..... Tezli Yüksek Lisans  
/ Doktora Programı çerçevesinde ..... tarafından hazırlanan bu çalışma,  
aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans / Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: ... / ... / .....

**Tez Adı:**.....

**Tez Jüri Üyeleri ( Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu )**

**İmza**

|       |       |
|-------|-------|
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |
| ..... | ..... |

**ONAY**

.....  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü  
Tarih : ... / ... / .....

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU**

Tarih: ... / ... / 20...

Öğrencinin Adı, Soyadı :

Öğrencinin Numarası :

Anabilim Dalı :

Programı :

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı :

Tez Başlığı :

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam ..... sayfalık kısmına ilişkin, ..... / ... / 20 ..... tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından ..... adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % .....'dır. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:.....

**ONAY**

Tarih: ... / ... / 20...

Öğrenci Danışmanı Unvan, Adı, Soyadı, İmza:

.....

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmam boyunca, yardım ve desteklerini esirgemeyerek, bilgilerini paylaőan ve beni bu süreçte daima motive eden, danışmanım Dr. Öğretim yesi Filiz KARA hocama ve birikimleriyle bana destek olan Prof. Dr. Kumru ATALAY hocama sonsuz teşekkür ederim.

Bu süreç boyunca desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen sevgili aileme, vakitlerini ayırarak bana destek olan dostlarıma çok teşekkür ederim.

## ÖZET

**Sümeyyenur SEPETCİ**

**SÖZLÜ KARAR ANALİZİ YÖNTEMİ TEMELİNDE SALGIN DURUMLARINDA  
POLİMERİK BİYOMALZEME ÜRETEN FİRMALARIN KALİTE  
PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Kalite Mühendisliği Anabilim Dalı**

**2022**

Salgın hastalıklar birçok alanı etkileyen kritik ve önemli olaylardır. Salgın süreçlerinde özellikle medikal ürünlerinin üretimi ve tedarigi öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, Covid-19 sürecinde, medikal ürünlerde kullanılan polimerik biyomalzemenin üretiminde etkilenen kalite performanslarının değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Literatür taraması ve sektör görüşmeleri ile üretimi etkileyen kalite performans kriterleri belirlenmiştir. Belirlenen kriterlerden soru listesi oluşturulmuş ve Ankara’da polimerik biyomalzeme üreticisi olan altı firmaya yöneltilmiştir. Alınan cevaplara, Entropi, ABC analizi ve ZAPROS metodu uygulanmıştır. Çalışma sonucu, firmaların üretim sürecindeki kalite performanslarındaki değişiklikleri içermektedir.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Biyomalzeme, Üretim, ZAPROS, Salgın, Pandemi, Covid-19.

**Danışman:** Dr. Öğretim Üyesi Filiz KARA

## **ABSTRACT**

**Sümeyyenur SEPETCİ**

**EVALUATION OF THE QUALITY PERFORMANCES OF THE COMPANIES  
MANUFACTURING POLYMERIC BIOMATERIALS IN THE SITUATION OF  
THE PANDEMIC BASED ON THE METHOD OF VERBAL DECISION ANALYSIS**

**Başkent University Institute of Science and Engineering**

**Department of Quality Engineering**

**2022**

Pandemics are critical and important events that affect many areas. In the pandemics processes, especially the production and supply of medical products come to the fore. In this study, it is aimed to evaluate the quality performances affected in the production of polymeric biomaterials used in medical products during the Covid-19 process. Quality performance criteria affecting production were determined through literature review and sector interviews. A list of questions was created from the determined criteria and directed to six companies that are polymeric biomaterial producers in Ankara. Entropy, ABC analysis and ZAPROS method were applied to the answers received. The result of the study includes the changes in the quality performances of the companies in the production process.

**KEYWORDS:** Biomaterial, Manufacture, ZAPROS, Pandemic, Covid-19.

**ADVISOR:** Assist. Prof. Dr. Filiz KARA



# İÇİNDEKİLER

|  |     |
|--|-----|
| TEŞEKKÜR .....   | i   |
| ÖZET .....   | ii  |
| ABSTRACT .....   | iii |
| İÇİNDEKİLER.....   | iv  |
| ŞEKİLLER LİSTESİ.....  | vi  |
| TABLolar LİSTESİ .....   | vii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....   | ix  |
| 1. GİRİŞ .....   | 1   |
| 2. GENEL BİLGİLER .....  | 4   |
| 2.1.    Biyomalzeme.....   | 4   |
| 2.1.1. Biyomalzemelerin sınıflandırılması .....  | 5   |
| 2.1.2. Polimerik biyomalzemeler ve uygulama alanları .....                               | 7   |
| 2.2.    Çok Kriterli Karar Analizi (Multi Criteria Decision Analysis (MCDA))....         | 10  |
| 2.3.    Sözlü Karar Analizi (Verbal Decision Analysis (VDA)).....                        | 12  |
| 2.3.1. Sözlü karar analizi özellikleri.....  | 14  |
| 2.4.    ZAPROS.....  | 16  |
| 2.4.1. Problem formülasyonu .....  | 21  |
| 2.4.2. Ortak sıra ölçeğinin oluşturulması (joint ordinal scale(JOS)) ve uygulanması..... | 22  |
| 2.4.3. ZAPROS'un örnek uygulamaları .....  | 23  |
| 2.5.    Entropi ve ABC Analizi .....   | 34  |
| 2.5.1. Entropi .....   | 34  |
| 2.5.2. ABC (always better control) analiz yöntemi .....                                  | 36  |

|   |    |
|---|----|
| 3. UYGULAMA VE METOD .....  | 37 |
| 3.1. Problem Tanımı.....  | 37 |
| 3.2. Kalite Nedir? .....  | 37 |
| 3.2.1. Üretim kalitesini etkileyen faktörler nelerdir? .....          | 40 |
| 3.3. Çalışmada ZAPROS Yönteminin Uygulaması .....                     | 45 |
| 3.3.1. Soruların hazırlanması.....                                    | 46 |
| 3.3.2. Probleme yönelik Entropi ve ABC yöntemlerinin uygulaması ..... | 49 |
| 3.4. ZAPROS Uygulamasının Değerlendirmesi .....                       | 66 |
| 4. SONUÇ.....   | 69 |
| KAYNAKÇA .....  | 71 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Şekil 2.1. Sınıflandırma için MCDA metotları [26].....                                  | 11           |
| Şekil 2.2. Kriterlerin baskınlık karşılaştırması [36] .....                             | 19           |
| Şekil 2.3. Kriterlerin JOS (Joint Ordinal Scale) temelinde karşılaştırılması [36] ..... | 20           |
| Şekil 2.4. A ve B kriterleri için karar vericiye göre tercih akışı.....                 | 31           |
| Şekil 2.5. İkili kriter çiftlerinin karşılaştırmaları .....                             | 32           |
| Şekil 3.1. Deming çevrimi.....  | 39           |
| Şekil 3.2. Juran'ın kalite spirali [52].....  | 39           |
| Şekil 3.3. ZAPROS uygulaması akış şeması.....   | 46           |
| Şekil 3.4. Kombinasyonların karşılaştırma şeması ve tercih sıralaması .....             | 60           |

## TABLULAR LİSTESİ

|   | <b>Sayfa</b> |
|---|--------------|
| Tablo 2.1. Biyomalzemelerin sınıflandırması ve uygulama alanları .....  | 5            |
| Tablo 2.2. Bazı polimerlerin biyomedikalde kullanım alanları [23].....  | 8            |
| Tablo 2.3. Örneğin kriter ve alternatifleri .....   | 24           |
| Tablo 2.4. Varsayımsal alternatiflerin karşılaştırılması .....  | 25           |
| Tablo 2.5. Ortak sıra ölçeği (JOS) örneği .....   | 26           |
| Tablo 2.6. Alternatiflerin artan düzende elde edilmiş vektör sıralaması .....                                     | 28           |
| Tablo 3.1. Karar matrisi için alınan değerler tablosu.....  | 50           |
| Tablo 3.2. Normalize karar matrisi için hesaplanan değer tablosu.....   | 52           |
| Tablo 3.3. Kriterlere ait entropi değerleri .....   | 54           |
| Tablo 3.4. Kriterlere ait entropi ağırlık değerleri.....  | 55           |
| Tablo 3.5. ABC analiz değerleri tablosu.....  | 56           |
| Tablo 3.6. Kriter ölçeklerinin ağırlık değerleri .....  | 57           |
| Tablo 3.7. Entropi ağırlıkları ( $w_j$ ) ile şıkların ağırlıklarının çarpılması sonucu elde edilen değerler ..... | 58           |

|   |    |
|---|----|
| Tablo 3.8. A ve B kriterleri için kombinasyon-ağırlık değeri tablosu .....                      | 59 |
| Tablo 3.9. A kriteri ile diğer kriterlerin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri .....  | 61 |
| Tablo 3.10. B kriteri ile diğer kriterlerin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri ..... | 61 |
| Tablo 3.11. E kriteri ile diğer kriterlerin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri ..... | 62 |
| Tablo 3.12. F kriteri ile diğer kriterlerin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri ..... | 62 |
| Tablo 3.13. G kriteri ile diğer kriterlerin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri ..... | 63 |
| Tablo 3.14. I ve J kriterlerinin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri .....            | 63 |
| Tablo 3.15. Kriterlerin ikili alternatiflerinin karşılaştırması .....                           | 64 |
| Tablo 3.16. Firmaların soru listesine verdikleri cevapları .....                                | 66 |

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

|        |  |
|--------|--|
| EN     | European Norm                                  |
| ISO    | International Organization for Standardization |
| JOS    | Joint Ordinal Scale                            |
| KV     | Karar Verici                                   |
| MCDA   | Multi Criteria Decision Analysis               |
| TS     | Türk Standardı                                 |
| VDA    | Verbal Decision Analysis                       |
| ZAPROS | Referans Durumuna Yakın Kapalı Prosedürler     |

# 1. GİRİŞ

Salgın hastalıklar, insanlık tarihinden günümüze kadar, yaşandığı dönemlerde tüm dünyayı etkisi altına almıştır. Geçmişten günümüze yaşanan kara veba, kolera, İspanyol gribi gibi salgın hastalıklara (pandemi) bakıldığında, insanlar üzerinde yıkıcı etkiye sahip olduğu görülmektedir [1].

Göç, ticaret veya savaş gibi nedenlerle insanlar etkileşim içine girmiş ve mikroorganizmalar mutasyona uğrayarak salgın hastalıkların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Günümüzde ise tüm dünyanın küreselleşmesine bağlı olarak hastalıklar hızlı bir şekilde yayılarak, insanları etkilemektedir. 2019 yılında ortaya çıkarak tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 pandemisi de doğrudan insan kaynaklı bir sorun olması sebebiyle, insanla ilişkili olan tüm sistemleri ve bu sistemlerin bağlı olduğu tüm sektörleri etkilemiştir. Sağlık, üretim alanları, tedarik zinciri, satış-pazarlama, sevkiyat ve ulaşım, turizm faaliyetleri gibi sektörler etkilenen sektörlerin arasında sayılabilir. İnsan sağlığını merkeze alan bir afet durumu olmasından dolayı en fazla etkilenen sektörlerin başında sağlık ve medikal üretim sektörleri gelmektedir. Örneğin, birçok ülke tıbbi malzeme üretimi için otomotiv sektörü gibi farklı alanlarda üretim yapan firmalara tıbbi ekipman üretimi yapmaları için talepte bulunmuşlardır. Bazı hükümetler, ekipman ve sağlık personeli açısından başka ülkelere destekte bulunmuşlardır. Örneğin, Çin, İtalya'ya personel ve ekipman desteği sağlayarak pandemi ile mücadelesine katkı sağlamıştır [2]. Türkiye ise, solunum cihazı, maske, tanı kiti, tulum gibi tıbbi ekipmanlarının yaklaşık 57 ülkeye yardım sağlamıştır [3].

Tüm dünyada pandemi ekonomik olarak bütün ülkeleri etkilemiş, bununla birlikte Türkiye'de, özellikle hastaneleri ve hastanelere bağlı olarak çalışan sağlık kuruluşlarını, eczane, veterinerlik klinikleri, optisyen firmaları ile tıbbi cihaz üretimi sağlayan firmaları etkilemiştir [4]. Dünya ülkeleri, bu durumla ilgili olarak çeşitli ekonomik paket programları uygulayarak yaşanabilecek ekonomik krizin etkisini en aza indirmeye çalışmıştır. Aynı şekilde Türkiye de çeşitli politikalar uygulamıştır [5]. Sağlık personellerine sağlanan ek ödemeler, sağlık personeli istihdamının artırılması, hastanelerdeki yatak kapasitesinin artırılması bunlardan bazılarıdır. Ayrıca tıbbi malzeme ve ekipman ihtiyacının artmasına bağlı olarak, medikal ürün sağlayan

üretici firmaları da kapsayacak şekilde personellere kısa çalışma uygulaması ve firmalara kısa çalışma ödeneği verilerek ekonomik destek sağlanmıştır.

Covid-19 salgını sırasında, gereken medikal ekipman ihtiyacının artması üretime hız kazandırmıştır. Türkiye’de pandemi sürecinde ventilatör sarf malzemeleri, oksijen konsantratörü, hasta devreleri, kanüller, entübasyon tüpleri ve yoğun bakım monitörleri gibi tıbbi ekipmanlarda ihracatın arttığı görülmüştür [6]. İhracat artışı, pandemide, üretim sürecini etkileyen her türlü aksamanın (bakım-onarımın gecikmesi, yarımamül veya mamüllerin ulaşımının aksaması, hatalı üretim miktarının artışı, personel eğitimlerinin aksaması, ürünlere yönelik geri bildirimlere ulaşma güçlüğü, pazar alanının değişmesine bağlı olarak üretim bandındaki ürün planlaması değişikliği, devlet politikalarını etkisi vb.) üretim ve ürün kalitesi için değerlendirilmesi gerektiğini göstermiştir.

Pandemi döneminde kullanımı artan tıbbi ekipmanların başında, tek kullanımlık tıbbi sarf malzemeler gelmektedir. Sağlık kuruluşlarında kullanılan medikal malzemelerin materyali, ağırlıklı olarak polimerik biyomalzeme kaynaklıdır. Biyomalzeme, insan vücudundaki bir fonksiyon, doku ya da organı destekleyen, tedavi eden, veya yerini alan sistemin bir parçası veya tümünü ifade etmektedir. Pandemi sebebiyle, polimerik biyomalzemedan imal edilen ürünlerin kullanımının artışı, ürün ve üretim kalitesindeki değişimin değerlendirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Böyle bir değerlendirmede kullanılabilir olan ZAPROS metodu, çok kriterli karar verme analizi içinde yer alan sözlü karar analizi metotlarından birisidir. Karar vericinin bakış açısıyla bir değerlendirme yaparak, sözlü karar verme problemlerini daha gerçekçi bir şekilde çözmeyi amaçlar. Bir karar verici tarafından belirlenen probleme ilişkin kriter alternatiflerinin en çok tercih edilenden en aza doğru bir ölçek sıralaması oluşturulmasını sağlar. Böylece oluşturulan sıralama ile gerçek alternatif kümesini sıralanmasına imkân tanır.

“Üretim”, “biyomalzeme”, “tıbbi cihaz”, “pandemi”, “covid-19”, “salgın hastalık”, “ZAPROS” anahtar kelimeleri kullanılarak yapılan literatür taramasında, üretimin salgın hastalık veya pandemi sürecinde etkilerinin incelenerek değerlendirildiği çalışmalara rastlanmamıştır. Dolayısıyla, polimerik biyomalzeme üretiminin salgın hastalık sürecindeki etkilerine dair herhangi bir çalışma görülememiştir.

Literatürde ZAPROS metodunun uygulandığı alanlara bakıldığında, Moshkovich ve Mechitov tarafından akademide öğretim üyesi seçiminde [7], S. Filho ve Gomes tarafından bir



devlet kurumunun proje seçimindeki portföyünün önceliklendirilmesinde [8] ve yine S. Filho ve diğerlerinin, dağıtılmış yazılım geliştirme projelerinde sorumluların belirlenmesinde dikkate alınması gereken faktörleri sınıflandırmak ve sıralamak için ZAPROS'un kullanıldığı çalışmalara rastlanmıştır [9]. Machado ve diğerleri tarafından yazılım alanında bir uygulama alanının bazı yaklaşımlarından en uygun olanını belirlemek amacıyla [10], Cohen ve Rodrigues'in firmaların pazarlama stratejilerindeki karar verme durumunda yine ZAPROS metodunu kullanmıştır [11]. Sağlık alanındaki uygulamalarına bakıldığında ise, Pinheiro ve diğerlerinin Alzheimer hastalığı için hangi testlerin uygun olduğunun tespiti için ZAPROS metoduna dayalı oluşturulan bir yöntem uygulamışlardır [12].

Üretim alanlarındaki uygulamalarında ise, Castro ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Brezilya'da yetiştirilmek istenen Kaju fıstığının üretimi sırasında uygulanan bazı proseslerin hangisinin en doğru seviyede olduğunun anlaşılabilmesi için ZAPROS III yöntemini kullanmışlardır. Örneğin fıstıkların nemli ortamda olmaması gerektiği, hangi oranın daha uygun olabileceği hakkında deneyim sahibi üreticilere sorularak sonuçları değerlendirmişlerdir [13].

Filho ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada üretim ve yapım olarak değerlendirilebilecek, toprak baraj inşaatının yapım sürecindeki malzeme seçiminde sözlü karar analizinin uygulanmıştır. Çalışmada, ZAPROS yöntemine göre yapılandırılmış, ARANAÜ olarak adlandırılan bir karar destek sistemi kullanılmıştır. Çalışmanın amacı, malzeme maliyetini en aza indirerek, kaliteli malzemeler ile bir toprak baraj inşaatı yapabilmek için, karar vermede yardımcı olacak çok kriterli bir yöntemin uygulandığı bir modelleme süreci sunmaktır [14].

Çalışmanın amacı, polimerik biyomalzeme üretiminin, pandemi sürecinde nasıl etkilendiğinin incelenmesidir. Çalışmada ürün kalitesini etkileyen faktörler değerlendirilecektir. Literatür taraması ve sektördeki firmalar ile yapılan ön görüşmeler ışığında üretim sürecinde kaliteli ürün üretimini etkileyen kriterler belirlenerek, Ankara'da polimerik biyomalzeme üretimi yapan 6 firma tarafından değerlendirilecektir. Çalışma ZAPROS yöntemi kullanılarak yürütülecek, yönteme göre soru listesi oluşturularak, elde edilen cevaplar değerlendirilirken ABC ve Entropi analizi kullanılacaktır. Etkilenen kriterlerin birbirleri üzerindeki önceliklendirme ilişkisi hakkında bir sonuca ulaşılması beklenmektedir. Literatürde benzer bir çalışmanın mevcut olmadığı ve çalışmanın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Biyomalzeme

Williams biyomalzemeyi, insan vücudunda herhangi bir fonksiyon, doku ya da organı tedavi eden, destekleyen veya yerini alan sistemin bir parçası veya tümü olarak belli bir zaman aralığı süresince kullanılan yapay ya da doğal madde (ilaçlardan farklı olarak) veya maddelerin birleşimi olarak tanımlanmıştır [15].

Biyomalzeme tanımı, bilimsel anlamıyla yakın tarihte kullanılmaya başlanmış olsa da fonksiyonuna bakıldığında eski zamanlardan günümüze kadar uzanan bir tarihi olduğu görülmektedir. Yüzyıllar önce Kennewick yakınlarında bulunan insan kalıntılarında kalçasına gömülü 9000 yıllık bir mızrak ucunun implant olarak kullanıldığı sonucuna ulaşılmıştır [16].

Modern zamanlara gelindiğinde, 1900'lerin başlarında, ilk olarak uzun kemik kırıklarının fiksasyonuna yardımcı olmak için kemik plakalar tanıtılmıştır [16]. Ancak üretilen ilk plakalar çok ince olmaları sebebiyle strese dayanamayarak kırılmış, buna ek olarak da kullanılan vanadyum çeliği vücutta korozyona sebep olmuştur. 1930'larda ise kullanılan materyal olarak, paslanmaz çelik ve kobalt krom alaşımlarının kullanılmaya başlanmasıyla kırık tespitinde daha büyük başarılar elde edilmiş ve ilk eklem değiştirme ameliyatları gerçekleştirilmiştir. Polimerler de bu alanda kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, poli(metil metakrilat), hasarlı kafatası kemiklerinin bölümlerinin değiştirilmesi için yaygın olarak kullanılmıştır. 1950'lerde yapay damar uygulamaları denenmiş, 1960'larda kalp kapakçığı değiştirme uygulamaları ve çimentolu eklem değiştirme uygulamaları ile kalça protezleri kullanılmaya başlanmıştır. 1970'lerde ise sentetik ameliyat iplikleri gibi polimerik malzemelerin yer aldığı biyomalzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Son yıllarda ise polimer, metal ve seramik malzemeler canlı organizmanın farklı bölgelerinin desteklenmesi, onarılması ve yenilenmesi için kullanılmaktadır [15].

Biyomalzeme üretimi ve kullanımındaki amaç, vücut dokuları ile uyum gösterebilen, toksik etkilere sebep olmadan, fiziksel dayanımı olan biyouyumluluğa sahip malzemelerin, insan sağlığında etkin olarak kullanılmasını sağlamaktır.

Son yıllarda, malzemelerin fabrikasyonu ve karakterizasyonundaki ilerlemelerin yanında, hücresel ve moleküler biyoloji ve genetikteki gelişmelerle birlikte tıpta rejeneratif

uygulamaların artması, yeni özelliklere ve uygulamalara sahip biyomalzemelerin geliştirilmesine sebep olmuştur. Ortaya çıkan biyomalzemeler, yalnızca hasarlı dokuların yapısını ve işlevini düzenlemenin dışında, aktif ve hedefli uygulamalar ile hasarlı dokuları yenilemeyi de sağlamaktadır.

### 2.1.1. Biyomalzemelerin sınıflandırılması

Biyomalzemeler, metaller, seramikler, polimerler ve kompozitler olarak, kimyasal bileşimlerine göre normal malzemelere benzer şekilde sınıflandırılabilirler [17]. Tablo 2.1’de biyomalzeme sınıfına ait örnekler ve uygulama alanları görülmektedir.

Tablo 2.1. Biyomalzemelerin sınıflandırması ve uygulama alanları

| Sınıflandırma   | Uygulama Alanı  |
|---|---|
| <p><b><i>Metal ve alaşımlar</i></b></p> <p>Paslanmaz çelik, gümüş, altın, titanyum (ve alaşımları), kobalt-krom (alaşımları) ve nikel-titanyum</p>  | <p>Kırık sabitleme cihazları, teller, iskeleler, stentler, plakalar, cerrahi aletler, toplam eklem değiştirme bileşenleri, diş uygulaması için implantlar, kalp pili kapsülleme, kalp kapakçıkları.</p>   |
| <p><b><i>Seramikler</i></b></p> <p>Kalsiyum fosfatlar, biyoaktif camlar, alümina, porselen, zirkonya, karbonlar</p>   | <p>Total eklem artroplastisi cihazları için implant bileşenleri, diş uygulamaları, ortopedik implantlar.</p>  |
| <p><b><i>Polimerler</i></b></p> <p>Polietilen, polipropilen, -polyester, poliüretanlar, PET, poliamidler, PTFE, silikonlar, hidrojel, polivinilklorür, polimetilmetakrilat, polistren</p> | <p>Total kalça ve diz artroplastisi, sütür cihazları, damar sistemini destekleyen protezler, yumuşak doku değişimini kolaylaştıran cihazlar, ilaç verme sistemleri için bileşenler, kan arayüz cihazları, diş restorasyonları, lensler, oftalmolojik cihazlar, kalp kapakçıkları.</p> |
| <p><b><i>Kompozitler</i></b></p> <p>Bisfenol A-glisidil-kuvars/silika dolgu maddesi, polivinil klorür-cam dolgu maddeleri</p>   | <p>Diş restorasyonu ve çimentolar.</p>  |

***Metal ve alaşımlı biyomalzemeler***, ortopedik teller, vidalar, plakalar, iskeleler, dizler ve kalçalar gibi toplam eklem replasmanları gibi çoğu sert doku dahili sabitleme cihazlarında kullanılırlar.

Metalik materyallere dayalı biyomalzemeler genellikle kardiyovasküler [18] ve dental restorasyonlarda [19] kullanılmaktadır. En yaygın metalik biyomalzemeler titanyum (Ti), kobalt krom (Co-Cr) ve paslanmaz çeliktir. Özellikle Co-Cr alaşımları, diz kalça gibi toplam eklem replasmanları için femoral bileşeni üretmek için en çok kullanılan biyomateryal olmuştur.

***Seramik Biyomalzemeler***, yüksek sertlik, basınç dayanımı, doku tepkilerinde olumsuz sonuçlanmasının azlığı gibi özellikleri ile biyomalzeme olarak tercih edilmektedir. Seramikler, kompozit biyomalzemelerin geliştirilmesinde benzersiz mekanik davranışlarının bir sonucu olarak güçlendirici fazlar olarak da tercih edilmektedir [20]. Seramikler ayrıca sıkıştırmaya kıyasla nispeten düşük çekme performansına sahip olma eğilimindedir. Bununla birlikte, seramiğin sertliği ve biyolojik eylemsizliği, onları yüzey kaplamaları için oldukça uygun bir biyomalzeme haline getirir [21].

***Polimerik Biyomalzemeler***, sentetik ve doğal polimerler olarak yaygın kullanılan biyomalzemelerdir [22]. Bu öncelikle polimerlerin dokulara, proteinlere ve polisakaritlere kıyasla sunduğu uyumluluktan kaynaklanmaktadır. Polimerleri diğer biyomalzemelerden ayıran ve yaygın kullanımını sağlayan özellikleri arasında birçok şekilde üretilebilmesi (levha, lif, film vb.), tekrar işlenebilir olması, biyoyumlu olması, toksik olmaması ve istenen mekanik ve fiziksel özelliklerde elde edilebilmesi sayılabilir [23].

***Kompozit biyomalzemeler***, birbirine karışmayan iki veya daha fazla katının bileşimiyle oluşan malzemedir. “Kompozit” terimi genellikle, farklı fazların atomik boyuttan daha büyük bir ölçekte elastik modül gibi özelliklerinin homojen bir malzeme ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde değiştirildiği malzemeler için kullanılmaktadır [23].

Kompozit malzemeler, matris adı verilen sürekli düzenli bir faza ve destek, takviye adı verilen bir veya daha fazla süreksiz dağınk bir faza sahiptir. Kompozitin her bir bileşeninin biyoyumlu olması önemlidir. Kemik gibi sert dokuların mekanik performansına uyumlu bir kombinasyon oluşturabilmek için kompozit biyomalzemelerin özellikleri kullanılabilir. Kompozit biyomalzemelerin en büyük avantajı, tek başına metaller ve seramik malzemeler, düşük biyoyumluluğa, düşük kırılma mukavemetine sahipken, bir araya getirildiklerinde

istenmeyen birçok özelliğın ortadan kalkmasına ve istenen özellikte malzeme üretimine imkân sağlamalarıdır. Biyomedikal uygulamalarında tercih edilen malzemelerdendir.

### **2.1.2. Polimerik biyomalzemeler ve uygulama alanları**

Biyomalzeme üretiminde doğal ve sentetik polimerler olmak üzere iki türde kullanılmaktadır. Sentetik polimerden elde edilen biyomalzemeler, tek kullanımlık tıbbi malzeme, protez malzemeleri, diş malzemeleri, implantlar, pansumanlar, ekstrakorporeal cihazlar, kapsüller, polimerik ilaç dağıtım sistemleri, doku mühendisliği ürünleri ve metal ve seramik ikame edicilerin ortodozlarında yaygın olarak kullanılmaktadır [23].

Doğal polimerler ise genellikle kemik replasmanı ve sert doku büyütme alanlarında kullanılmaktadır. Kollejen gibi hücre dışı matris proteinleri, kitosan, aljinat, nişasta ve selüloz kullanılan yaygın doğal polimerlerdendir [24].

Günümüzde polimerlerin uygulamaları cerrahide, protez sistemlerde ve farmakolojide, ilaç formülasyonu ve kontrollü ilaç dağıtımını için esastır. Kalça implantları, yapay lensler, geniş çaplı vasküler greftler, kateterler vb. dahil olmak üzere kalıcı protez cihazlarının temel bileşenleri olarak klinik tıpta kullanılmaktadır. Tablo 2.2’de klinik cerrahide ve farmakolojide yaygın olarak kullanılan yapay polimerler görülmektedir.

Tablo 2.2. Bazı polimerlerin biyomedikalde kullanım alanları [23]

| <i>Polimerler</i>               | <i>Biyomedikal Uygulama Alanları</i>   |
|---------------------------------|--|
| Polivinilklorür (PVC)           | Kan ve solüsyon torbası, cerrahi paketleme, İntravenöz setleri, diyaliz cihazları, kateter şişeleri, konektörler ve kanüller, kan itici fonksiyonlu kullanımlarda, kateterler  |
| Polietilen (PE)                 | İlaç şişesi, nonwoven kumaş, kateter, esnek kap ve ortopedik implantlar.   |
| Polipropilen (PP)               | Tek kullanımlık şırıngalar, kan oksijenatör membranı, sütür, nonwoven kumaş ve yapay damar greftleri.  |
| Polimetilmetakrilat (PMMA)      | Kan pompası ve rezervuarları, kan diyalizörü için membran, implante edilebilir sert kontakt lensler, göz içi lensler ve ortopedi ve dişçilik alanında, yüz protezlerinde, eklem ameliyatları, kemik boşluklarının doldurulması ve gözenekli kemik dokularının doldurulmasında akrilik dolgular |
| Polisitren (PS)                 | Doku kültürü şişeleri, silindir şişeler ve filtre gereçleri.   |
| Polietilen tereftalat (PET)     | İmplant edilebilir sütür, ağ, yapay damar greftleri, vasküler protezler, kalp kapakçıkları   |
| Politetrafloroetilen (PTFE)     | Kateter ve yapay damar greftler, damar klipsleri   |
| Poliüretan (PU)                 | Film, tüp ve komponentler, kateter, vasküler klipsler  |
| Poliamid                        | Ambalaj filmi, kateterler, sütürler ve mold parçaları.   |
| Poli(2-hidroksietil metakrilat) | Esnek kontakt lensler, plastik cerrahi,  |
| Silikonlar                      | Kateterler, kardiyak pompalar, plastik cerrahi, tüpler, oksijenaratörler   |

Polivinilklorür (PVC): Amorf ve sert bir polimerdir. Viskozitesi yüksektir, bu nedenle işlenmesi zordur. Kan ve solüsyon saklama torbalarında ve cerrahi ambalajlarda PVC levha ve filmler kullanılmaktadır. PVC tüp, yaygın olarak intravenöz (IV) uygulamada, diyaliz cihazlarında, kateterlerde ve kanüllerde kullanılır.

Polietilen (PE): PE, ticari olarak yoğunluklarına göre beş ayrı ana sınıfa ayrılmaktadır. (1) yüksek yoğunluklu (HDPE), (2) düşük yoğunluklu (LDPE), (3) doğrusal düşük yoğunluk (LLDPE), (4) çok düşük yoğunluk (VLDPE), (5) ultra yüksek moleküler ağırlık (UHMWPE). HDPE, farmasötik şişelerde, dokunmamış kumaşlarda ve kapaklarda kullanılır. LDPE esnek kap uygulamalarında, tek kullanımlık folyo ve paketleme için polimerlerde bulunur LLDPE, mükemmel delinme direnci nedeniyle torbalarda sıklıkla kullanılırken VLDPE, ekstrüde tüplerde kullanılır. UHMWPE, ortopedik implant imalatlarında, özellikle yük taşıyan eklemlerde kullanılmaktadır.

Polipropilen (PP): Fiziksel özellik olarak PE'ye benzemektedir. PP, olağanüstü yüksek bir esnek ömre ve mükemmel ortam stres-çatlama direncine sahiptir. PP, tek kullanımlık hipodermik şırıngalar, kan oksijenatör membranı, solüsyonlar ve ilaçlar için paketleme, yapay damar greftleri, sütür, nonwoven kumaşlarda kullanılır [23].

Polimetilmetakrilat (PMMA): PMMA ışık şeffaflığını sağlamasıyla, yüksek kırılma indeksine sahip olmasıyla, hava koşullarına dayanıklılık özellikleri ile biyouyumluluğu yüksek polimerlerden biri olarak bilinir. PMMA, kan pompası ve rezervuarı, intravenöz sistemi, kan diyalizörü için membranlar ve *in vitro* teşhis gibi tıbbi uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca optik özellikleri nedeniyle kontakt ve implante edilebilir lenslerde, fiziksel ve renklendirme özelliklerinden dolayı takma dişler, maksillofasiyal protezlerde ve eklem protezlerinin sabitlenmesi için kemik çimentosu ile birlikte kullanılır.

Polisitren (PS): Introvenöz setleri, klempeler, kan diyalizörleri, tanı test kitleri vb. için kullanılır.

Polyester: Polietilentereftalat (PET) gibi polyesterler, benzersiz kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı tıbbi uygulamalarda sıklıkla kullanılır. PET, yapay damar grefti, dikişler ve ağlar gibi biyomedikal uygulamalar açısından kullanılan en önemli polimerlerin başında gelir. PET geleneksel tekniklerle luer filtreler, çek valfler ve kateter yuvaları gibi kalıplanmış ürünlere dönüştürülebilir.

**Poliamid:** Poliamidler yapısında amid gruplarının bağlanmasıyla oluşan polimerlerdir. naylonlar olarak bilinir ve tekrar eden birimlerdeki ka Zincirler arası hidrojen bağı ve lif yönünde mukavemeti artıran yüksek derecede kristallik nedeniyle mükemmel lif oluşturma kabiliyetine sahiptirler. Bu malzeme elyaf haline getirilebilir. Bu tür liflerin özgül mukavemeti çeliğinkinin beş katıdır, bu nedenle kompozit yapmak için en uygun olanıdır [23]. Poliamidler, ambalaj filmlerinde, kateterlerde, sütürlerde ve mold parçalarında kullanılmaktadır.

**Politetrafloroetilen (PTFE):** Florokarbonların en iyi bilinen polimeridir. Yaygın olarak Teflon olarak bilinir. PTFE, çok yüksek erime viskozitesi nedeniyle enjeksiyonla kalıplanamaz veya eritilerek ekstrüde edilemez ve plastikleştirilemez. PTFE, kateterlerde, yapay damar greftlerinde, damar klipslerinde kullanılabilirler.

**Silikon:** Dow Corning firması tarafından geliştirilen silikon kauçuk, tıbbi kullanım için geliştirilmiş birkaç polimerden biridir. İmplantların imalatında kullanılmaktadır.

**Poliüretan:** Kanla temas eden tıbbi cihazlar için yaygın olarak kullanılan polimerdir. Poliüretan oldukça güçlüdür, yağa ve kimyasallara karşı iyi bir dirence sahiptir. Hemodiyaliz cihazlarındaki kan hattında, kalp kapakçıklarında, vasküler greftlerde ve yamalarda, kateter ve stentlerin üretiminde kullanılmaktadır. Genellikle ısıyla sertleşen poliüretanlar, implantları kaplamak için yaygın olarak kullanılırlar. Bozunabilen ve bozunamayan türleri vardır. Bozunabilen poliüretanlar ilaç salınımlı biyomedikal uygulamalarında kullanılabilirler [24].

## **2.2. Çok Kriterli Karar Analizi (Multi Criteria Decision Analysis (MCDA))**

Çok kriterli karar analizi'nin birincil amacı, insanların daha makul kararlar almasına yardımcı olacak prosedürler geliştirmektir. Bunu karar vericiden alınan yönlendirmelere bağlı olarak problemin en iyi şekilde sınıflandırması ve analiz edilmesiyle gerçekleştirir.

Karar analizi, karar vericinin (KV) hedef ve tercihlerine bağlı olarak en iyi alternatifleri ortaya çıkarma veya seçme bilimi ve sanatıdır [25]. Karar verilmesi gereken bir olayın var olması, değerlendirilmesi ve dikkate alınması gereken alternatiflerin varlığı demektir. Bu durumda ortaya, karar vericinin istekleri, hedefleri, değerleri, öncelikleri ve sair öznel özelliklerinin de dahil olduğu değerlendirme süreci sonunda ortaya bir karar çıkarmasıdır.

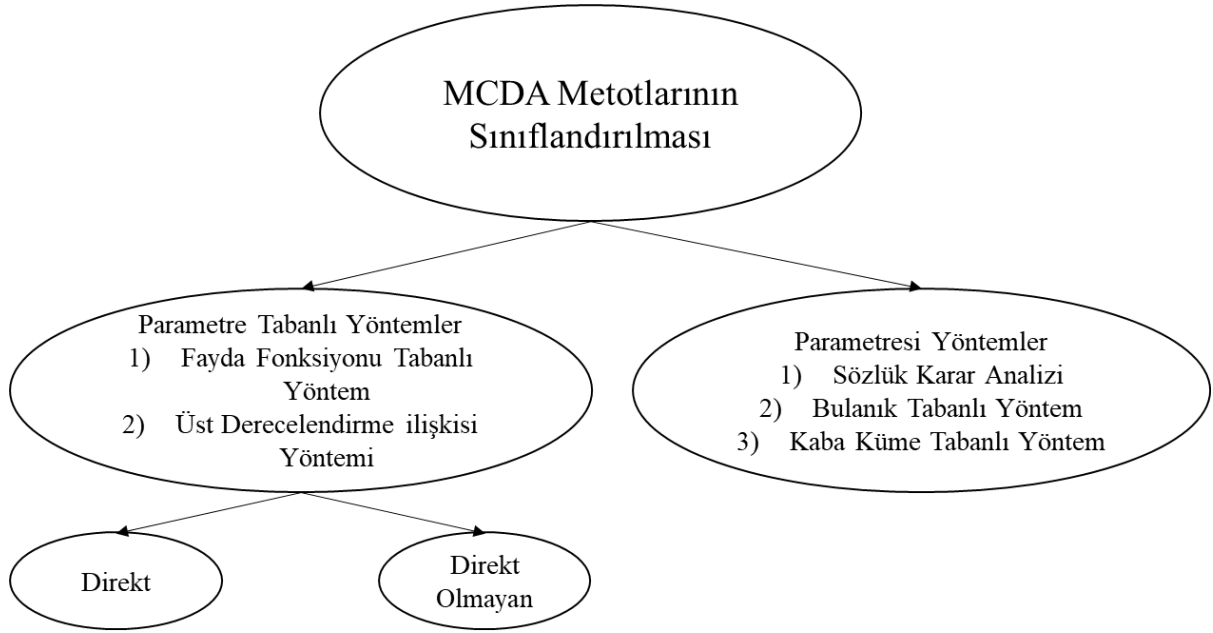


"Çok kriterli" kavramı, her bir alternatifin genellikle birbiriyle çelişen birkaç bakış açısından tahmin edilebileceği fikrine atıfta bulunarak burada sözde kriter ölçümleri ile ilgilenir. Bu nedenle, birbiriyle çelişen birkaç kriter aynı anda dikkate alınmalıdır. Kriterlerin ölçümlerindeki farklılıklar ve aralarındaki olası bağımlılıklar göz önünde bulundurulmalıdır.

Gerçek dünya alternatiflerinin, çok sayıda kriterle tanımlanabilmesi de önemlidir. MCDA uygulamalarının sorun alanı, "akşam yemeği için ne alınır" ve "hafta sonları nereye gidilir" gibi günlük sorunlardan, "meslek seçimi" veya "yaşamak için ülke seçimi" gibi kararlarda uygulanmasına kadar çeşitli kullanım alanları mevcuttur [26].

Çok kriterli karar analizi, parametresiz ve parametreye dayalı olarak sınıflandırılabilir (Şekil 2.1). Birincisi için, karar verici davranışının, bazı parametrelere dayalı olarak, formal bir modelini oluşturmak mümkündür.

Parametresiz yöntemlerde ise, KV'nin davranışının bazı parametrelere dayalı resmi bir model tarafından tanımlanamayacak kadar karmaşık olduğunu varsayan karar kuralı yöntemlerini içerir.



Şekil 2.1. Sınıflandırma için MCDA metotları [26]

Herhangi bir MCDA probleminin üç ana bileşeni vardır. Bu bileşenler, karar verici/ler, alternatifler ve kriterlerdir [25]. MCDA sınıflandırmaları bu üç elemanın türlerine bağlı olarak yapılır.

**Çok kriterli karar verme problemlerinde, karar verici (KV)**, genel olarak, belirli bir problem için, ne yapılacağına karar vermekten sorumlu olan tek bir kişi veya karar verme sürecine dahil olan birkaç kişi veya kuruluş olarak ifade edilebilir [25]. Başka bir ifadeyle “doğrudan veya dolaylı olarak uygun alternatifleri sıralamada kullanılacak son değer yargısını ortaya koyan ve "en iyi" seçimin saptanmasını sağlayan birey veya bireyler grubu”dur [27]. Karar verici, probleme göre değişiklik gösterebilir.

**Alternatifler, alternatif kümesi**, karar vericinin seçmesi gereken olasılıklardır. Bir dizi kriter ve/veya nitelikler üzerinde tahmin edilir. Alternatif bir  $x_i \in X$ , bir kriter değerleri vektörüdür [28]. Genellikle alternatifler seti, kümesi, mevcuttur veya karar verici tarafından tanımlanır.

**Kriterler**, her bir alternatifin daha fazla veya daha az ölçüde sahip olması gereken özellikler veya gereksinimlerdir. Alternatifler genellikle kriterlere ne kadar iyi sahip olduklarına göre derecelendirilir.

### 2.3. Sözlü Karar Analizi (Verbal Decision Analysis (VDA))

Karar verme, insanların ve kuruluşların hayatlarının bir parçasıdır. Karar verme durumunun ortaya çıkması halinde, yönetimi etkileyecek bir karar olduğunda, birçok kriter/faktör hesaba katılarak değerlendirilmesi gerektiğinde, karar verme sürecini desteklemek için metodolojilerin kullanılması önerilir. Çünkü karar verme sürecinde uygun olmayan alternatifin seçilmesi kaynak ve zaman israfına yol açabilmektedir.

Simon'a göre, karar problemleri üç ana gruba ayrılmaktadır [29]:

- iyi yapılandırılmış problemler,
- kötü yapılandırılmış problemler
- yapılandırılmamış problemler.

**İyi yapılandırılmış problemler**, parametreler arasındaki temel bağımlılıkların bilindiği ve resmi bir şekilde ifade edilebildiği problemlerdir. Bu sınıfın problemleri, operasyon yönetimi yöntemleri ile oldukça başarılı bir şekilde çözülmektedir.

***Kötü yapılandırılmış veya karma problemler***in hem nitel hem de nicel unsurları vardır, ancak bilinmeyen ve tanımlanmamış problem unsurları bu görevlere hâkim olma eğilimindedir. Bu sınıftaki problemler oldukça çeşitlidir ve “maliyet fayda” analizinin yanı sıra çok kriterli karar verme ve çok kriterli karar yardımcıları dahil olmak üzere farklı alanlardan yöntemler kullanılabilir.

***Yapılandırılmamış problemler***, toplanmaları için nesnel bir modeli olmayan, çoğunlukla nitel parametrelere sahip problemlerdir. Yapılandırılmamış problemlerde temel bilgi kaynağı insan yargısıdır. Bu tür görevlerin örneklerini politika oluşturma ve stratejik planlamada farklı alanlarda ve kişisel kararlarda görebiliriz. Bu problemler çok kriterli karar yardımcıları alanındadır ancak kullanılan yöntemlerde bazı özel değerlendirmeler gerektirir.

Larichev ve Moshkovich tarafından yapılandırılmamış problemler için genel özellikler listesi şu şekildedir [30],[31]:

- Bu sınıfta bulunan problemler benzersizdir. Belirtilen problem karar verici için daha önce yeni ve daha önce deneyimlenmemiş özelliكتedir.
- Bu problemlerdeki parametreler (kriterler) çoğunlukla niteliksel olup, doğal bir dilde formüle edilir.
- Alternatiflerin bu parametrelere göre değerlendirilmesi genellikle, uzmanlardan (veya karar vericinin kendisinden) alınabilir.
- Alternatiflerin kalitesine ilişkin genel bir değerlendirme, yalnızca karar vericinin öznel tercihleriyle elde edilebilir.

Sözlü Karar Analizi (Verbal Decision Analysis) de nitel analiz yoluyla çok kriterli/faktörlü problemleri çözmeye, karar vermeye yönelik bir yaklaşımdır. Karar vericilerden elde edilen tercihli bilgileri sıralı biçimde kullanarak, çok kriterli karar analizi (MCDA) yöntemlerini tasarlamak için bir yapı oluşturur (örneğin 'daha fazla tercih edilir', 'daha az tercih edilir' veya 'eşit olarak tercih edilir') [32].

İlk olarak 1997 yılında kullanılmaya başlanan, “Sözel Karar Analizi (Verbal Decision Analysis)” teriminin temeli, Larichev ve Moshkovic tarafından atılmıştır [31],[33]. Terimin ana fikri, karar vericinin değerlendirmelerini ve tercihlerini sözlü olarak ifade etmesine olanak sağlayan karar yardımcılarının ihtiyaç olduğu ve bu sözlü formun keyfi bir şekilde nicel forma dönüştürülmemesi gerektiğidir [31].

Sözlü Karar Analizi yöntemleri, özel türden sorunların çözümüne yöneliktir [34]. Karar verici, uzmanların seçimi ve karar kuralının/kurallarının oluşturulması ve problemin sonucu olmak üzere tüm süreci kontrol etmek ister. Yapılandırılmamış problemler için bir yapı olarak Sözel Karar Analizi (VDA) önerilmiştir.

Yapılandırılmamış problemlere uygulanan karar verme yöntemlerinin rolü, karar vericinin problemi yapılandırmasına (bir dizi alternatif oluşturması ve bir dizi ilgili kriteri hazırlaması) ve çok kriterli alternatifleri değerlendirmek/karşılaştırmaya yönelik tutarlı bir politika geliştirmesine yardımcı olmalıdır [29]. Bu problemlerdeki faktörler tamamen niteliksel olup, özellikle resmileştirme ve sayısal ölçüm için zordur (örn. bir organizasyonun prestiji, bir elbisenin çekiciliği, reformlara karşı tutum vb.) ve faktörler genellikle karar verici tarafından kabul edilen dilde tanımlanır. Görev analizi süreci de doğası gereği öznedir: ana nitel faktörlerin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için kurallar esas olarak *karar verici* tarafından tanımlanır. Bu nedenle, *karar verici* sorunun kilit unsurudur. Bu tip sorunlarda karar vericinin yani insanın yargısı, merkezi bilgi kaynağı olduğundan, önerilen yöntemler, karar analizinde girdi verilerinin psikolojik geçerliliği kadar insan bilgi işleme sisteminin kısıtlamalarını da dikkate almaktadır.

### **2.3.1. Sözlü karar analizi özellikleri**

Sözlü Karar Analizi yapısını oluşturan yöntemler aşağıda ifade edilen özelliklere sahiptir [29]:

- (1) karar verici için doğal olan problem tanımlama dilinin kullanılması,
- (2) psikolojik olarak geçerli kriter ölçümlerinin ve psikolojik olarak geçerli tercihlerin ortaya çıkarma prosedürlerinin uygulanması,
- (3) karar vericinin bilgilerinin tutarlılık kontrolü için araçların dâhil edilmesi,
- (4) karar vericiye karşı açıklamalarda ve sonuçlarda “şeffaf” olunmasının sağlanması.

#### **(1) Sorunu tanımlamak için kullanılan dil, karar verici için doğaldır.**

Sözlü Karar Analizi, karar verici ve karar sürecine katılan diğer taraflar tarafından yaygın olarak kullanılan ve anlaşılabilir doğal bir dil kullanarak karar problemini yapılandırır. Problem yapılandırmanın amacı, değerlendirme için kullanılacak alternatifleri ve birincil

kriterleri belirlemektir. Uzmanların, 1 ila 10 kalite ölçeğini kullanmaya kıyasla, ayrı kriterlerde, az sayıda sözlü tahmin içeren ölçekler kullanarak uygulayıcılar hakkında çok daha yakın tahminlere sahip oldukları tespit edilmiştir [29].

Bu gereklilik, karar vericinin analiz yaparken alternatiflerin niteliksel özelliklerini (örneğin, "araba iyi durumda") dikkate alması veya genelleştirilmiş kavramları kullanması (örneğin, "iyi kredi", "yüksek risk" vb.) durumunda, karar yardımcılarının alternatiflerin değerlendirilmesi için bunları kullanması gerektiği anlamına gelir. Bu nedenle, Sözlü Karar Analizi, yapılandırılmamış problemler için ölçüt düzeyleri için doğal dili olan ölçekler kullanır.

## **(2) Tercihleri ortaya çıkarmak için sözlü bilgileri kullanarak psikolojik olarak geçerli ölçümler uygularlar.**

Bir karar alternatifinin değerlendirilmesine izin veren temel bilgi kaynağı, bir insan, yani *karar vericidir*. Sübjektif bir KV karar kuralının oluşturulması, karar yöntemi için çok önemli olduğundan, insan veri işleme sisteminin yeteneklerine ve sınırlamalarına özel dikkat gösterilmelidir. Larichev normatif karar vermede kullanılan bilgi işlemedeki tüm temel işlemleri toplamaya ve sınıflandırmaya çalışmıştır [29]. Çalışma, denekler için farklı nesnelere niteliksel olarak değerlendirilmesinin ve karşılaştırılmasının, aynı işlemleri nitel sıralı tercih ifadesi yoluyla yürütmekten çok daha zor olduğu sonucuna varmıştır.

Bilinen araştırma sonuçlarına göre aşağıdaki işlemlerin uygulanması kabul edilebilir bulunmuştur [29].

- kriterlerin önem sıralaması;
- bir veya iki kriter için nitelik değerlerinin niteliksel karşılaştırması;
- olasılıkların niteliksel değerlendirmesi.

Yapılan çalışmada [35], ilk önce nitelik değerlerini iki kritere göre tüm olası kombinasyonlarla karşılaştırılması uygulayıcılardan istenmiştir. Tercihleriyle ilgili bu bilgi, her kombinasyonun giderek daha az tercih edilen kısımlarını renklendirmek için kullanılmıştır. Bu çalışma için sonuçlar başlangıç niteliğinde olup kabul edilebilir olarak değerlendirilmesi için ek çalışmalar gerekmektedir.

**(3) Kriter bağımsızlığı ve tutarlılık kontrolleri gibi karar vericinin tercihlerindeki tutarsız girişleri ele almak için ek adımlar içerirler.**

Hem sıralı kriter ölçeklerinin hem de sıralı değiş tokuşların geçerli şekilde uygulanması için bir veya iki kriterin tercihli bağımsızlığı olması gerekmektedir. Bu koşulların sağlanması, karar vericinin tercihlerindeki nispeten zayıf bilgilerden verimli bir karar kuralı oluşturabilmektir. Öte yandan, bu koşulun tam olarak kontrol edilmesi, kapsamlı sayıda karşılaştırma gerektireceğinden alternatif çiftleri üzerinde bağımsızlık koşulunun kısmi kontrolünü yapmak daha mantıklıdır [30], [31].

**(4) Karar vericinin bakış açısından şeffaf prosedürler uygularlar;**

Son olarak, karar vericiden elde edilen bilgilerin çözüme ulaşmak için kolay ve anlaşılır bir şekilde kullanılacağını ve bu nedenle sonucun karar vericiye kolayca açıklanabileceğini varsaymaktadır. Buna bakılarak, karar vericinin kendisi tarafından sağlanan bilgilerin elde edilen sonuca nasıl yol açtığını görebilmesi mümkün olmalıdır. Bu, karar vericinin sonuca güvenmemesi ve sonucun inandırıcı gelmemesi durumunda yeniden analiz için gerekli bilgilere sahip olması için gerekli bir koşuldur. Çok kriterli karar vermede karar verici, temel tercihlerin kaynağı olduğu kadar nihai sistemin kullanıcısıdır. Sözlü Karar Analizi ilkelerine dayalı yöntemler, mantıklı ve geçerli çıkarımları ve nitel bilgileri kullanmaları nedeniyle açıklama yapma yeteneği sağlar.

MCDA problemlerinin farklı türleri için Larichev ve meslektaşları, Sözlü Karar Analizi (Verbal Decision Analysis) ilkelerine dayanan çeşitli yöntemler geliştirmişlerdir. ZAPROS-LM (“Referans Durumuna yakın Kapalı Prosedürler” Rusça kelimelerin kısaltmasıdır.), alternatiflerin karar verici için önemlerine göre kısmi sıralamaya izin verir, PAired COMpensation (PACOM) kümeden en iyi alternatifi seçer, ORDinal CLASSification (ORCLASS), Subset Alternative Classification (SAC) ve CYCLE yöntemleri bir dizi alternatifi sınıflandırır.

## **2.4. ZAPROS**

ZAPROS yöntemi, çok sayıda alternatifin sıralamaya ihtiyaç duyulduğu ve karar kuralları yerinde kalırken alternatifler kümesinin değişebileceği problemler için tasarlanmıştır [36].

Adını, Rusça “Referans Durumlarına Yakın Kapalı Prosedürler” kelimelerinin baş harflerinden almaktadır. VDA ilkelerine dayanan ve bu tür bir sorunla başa çıkmak için önerilen bir yöntemdir. ZAPROS fikri 80’li yıllarda Larichev’in önderliğinde bir grup Rus bilim adamı tarafından geliştirilmeye başlanmıştır. Daha önceki fikirlerin tam olarak geliştirilmiş versiyonunu sunan ilk İngilizce yayın, 1995 yılında European Journal of Operational Research 82.sayıda Larichev ve Moshkovich tarafından yayımlanmıştır [30].

Yöntem, iki referans durumuna yakın kriter çiftlerinin tercihinde, sıralı sözel ölçeklerin, sıralı kriterler arasında değiş tokuşlarının uygulanmasına dayanmaktadır. Alternatifler, ölçekleri boyunca değerlendirilir ve kriter uzayında bir karar kuralı oluşturulur. Karar kuralı daha sonra herhangi bir gerçek alternatifler kümesine uygulanarak kullanılabilir.

Kriterlere göre değerlendirilen, alternatifleri sıralama problemleri, gerçek hayatta oldukça yaygındır. Bir devlet kurumuna sunulan araştırma projeleri arasında sınırlı kaynakların dağılımı veya bir fakülte pozisyonuna personel alımı için mülakata başvuranların seçilmesi bu yöntemin uygulanabilmesinde örnek problemler olarak gösterilebilir. Projelerin değerlendirilmesi veya başvuruların değerlendirilmesi ve karşılaştırılması için bir sistem varsa, bu sistemi, sunulan herhangi bir proje kümesine veya başvuruların seçilmesi için başvuruların kümesine uygulamak mümkündür.

Sözel değerlere nicel yöntemler ile kesin ölçüler atanmaya çalışıldığında, nicel yöntemler bilgi kaybına yol açabilmektedir. Bu nedenle, ZAPROS karar vericinin bakış açısıyla bir değerlendirme yaparak, karar verme problemlerini daha gerçekçi bir şekilde çözmeyi amaçlamaktadır.

Ustinovich ve Kochin'e göre ZAPROS metodolojisinin avantajları arasında aşağıdakiler sayılabilmektedir [37]:

- Kriter değerlerine dayalı olarak, karar vericinin anlayabileceği şekilde bir tercih sürecinin ortaya çıkarılmasına ilişkin sorular sunar.
- Psikolojik olarak geçerlidir (çünkü insan bilgi işleme sisteminin sınırlamalarına saygı duyar) ve yöntemin en büyük özelliğini temsil eder.
- Karar vericinin çelişkili girdilerine karşı önemli ölçüde direnç gösterip, bu sorunları tespit edip, çözüm talep edebilir.
- Niteliksel karşılaştırmanın tüm bilgilerini, karar vericinin anlayabileceği bir dilde belirtir.

- Karar vericiye tanıdık bir dil kullanmasından dolayı, yöntemin uygulanması için herhangi bir eğitim gerekmemektedir.

Bazı metotların, niteliksel değerleri sayısal olarak ele almaya çalışmasından dolayı insan hatalarına karşı çok savunmasız olduğu görülmektedir. ZAPROS metodolojisinde problem, nitel analizine dayandığı için bu durum oluşmamaktadır.

Öte yandan, problemin alternatiflerinin ve tercihlerinin ortaya çıkarılması sürecinde, gerekli olan bilgilerin üstel büyümesi sebebiyle, ele alınan kriter sayılarının sınırlı olması, tercihler ölçeğinin nitel ve sözel değişkenlerle tanımlanması, simgelere atanmış kesin değerler olmaması sebebi ile kayıpların olabileceği, eksik sonuca varabilecek alternatiflerin göz ardı edilme olasılığı da yöntemin dezavantajlarından biridir.

Bunlara ek olarak, yöntemin uygulanmasının genellikle bir karar vericiden önemli bir zaman yatırımı gerektirmesi de, değerlendirilmesi gereken dezavantaj olarak sunulabilir [38]. ZAPROS prosedürü aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır [32]:

- Karar verme probleminde dikkate alınan her bir kriter için değerlendirme ölçeği belirlenir.
- Varsayımsal alternatifler, biri hariç tüm kriterler için mümkün olan en iyi değerlere sahip, sıra ölçeğini kullanarak (daha çok tercih edilen, daha az tercih edilen ve eşit olarak tercih edilen) ikili olarak karşılaştırılır.
- Biri hariç tüm kriterler için en iyi değerlendirmelere sahip varsayımsal alternatiflerin tam bir sıralaması olan Ortak Sıra Ölçeği( Joint Ordinal Scale(JOS)) oluşturulur.
- Ortak Sıra Ölçeği (JOS) kullanarak gerçek karar alternatiflerini ikili olarak karşılaştırır ve ikili setlerde kısmi bir düzen oluşturulur.

ZAPROS'ta tercih işlemi, yalnızca iki kriterin, performans açısından farklılık gösteren varsayımsal alternatif çiftlerinin karşılaştırmalarından oluşur. Bu karşılaştırmaların sonuçları, daha sonra gerçek karar verme alternatiflerini karşılaştırmak için kullanılacak Ortak Sıra Ölçeği'ne (JOS) dönüştürülür [32].

Referans noktası olarak adlandırılan, mümkün olan en iyi veya en kötü değerlerin tümüne yakın olan kümedeki, varsayımsal alternatiflerin ikili karşılaştırmaları yoluyla karar vericinin tercihleri ortaya çıkarılır. Bu alternatifler sadece iki kritere göre farklılık gösterir ve karar verici bunlardan birini tercih ettiğini veya aralarındaki farkın olmadığını belirtmek zorundadır [36].



| <b>Kriter</b> | <b>Alternatif A</b> | <b>Tercih Edilen</b> | <b>Alternatif B</b> |
|---------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| 1             | $a_1$               |                      | $b_1$               |
| .             | .                   | →                    | .                   |
| .             | .                   |                      | .                   |
| .             | .                   |                      | .                   |
| $i$           | $a_i$               | →                    | $b_i$               |
| .             | .                   |                      | .                   |
| .             | .                   |                      | .                   |
| .             | .                   |                      | .                   |
| $Q$           | $a_Q$               | →                    | $b_Q$               |

Şekil 2.2. Kriterlerin baskınlık karşılaştırması [36]

Yukarıda, Şekil 2.2’de sıralı kriter ölçeklerinden kaynaklanan baskınlığa dayalı olarak iki alternatifin karşılaştırma şeması gösterilmektedir.

| Kriter | Alternatif A | Tercih Edilen | Alternatif B |
|--------|--------------|---------------|--------------|
| 1      | $a_1$        |               | $b_1$        |
| .      | .            |               | .            |
| .      | .            |               | .            |
| .      | .            |               | .            |
| $i$    | $a_i$        |               | $b_i$        |
| .      | .            |               | .            |
| .      | .            |               | .            |
| .      | .            |               | .            |
| $Q$    | $a_Q$        |               | $b_Q$        |

Şekil 2.3. Kriterlerin JOS (Joint Ordinal Scale) temelinde karşılaştırılması [36]

Şekil 2.3'te ise Ortak Sıra Ölçeği(JOS) nedeniyle farklı kriter değerleri arasındaki baskınlık ilişkileri şeması görülmektedir. JOS, gerçek alternatiflerin kısmi ikili karşılaştırmasına izin verir. Bu karşılaştırmalar da gerçek alternatiflerin kısmi sıralamasının temelini oluşturur [36].

ZAPROS yöntemleri şu şekilde sınıflandırılabilir: *ZAPROS LM*, *ZAPROS III* ve *STEPZAPROS*.

*ZAPROS LM* yönteminde tercihlerin ortaya çıkarılması işlemi, alternatif vektörlerinin karşılaştırılması ile gerçekleştirilir. Bu vektörler kriter değerlerinden oluşur ve aynı anda sadece iki değere göre farklılık gösterir. Daha sonra tercih ölçeği, bir çift vektör göz önüne alınarak karar vericinin cevaplarına göre oluşturulur. Daha sonra problemin gerçek alternatifleri ve temsil ettikleri kriterlerin değerleri tanımlanacaktır. Her bir alternatifin değeri, tercihler skalasında tanımlanan kriter ağırlıklarına dayalı olarak elde edilir. Bu şekilde alternatifler sıralanır [39]. ZAPROS'un ilk versiyonu olan ZAPROS-LM, 2015 yılında, belediye su tedarik

sistemlerinin yeniden inşası projelerinde taşeronların katılımında karar vermenin etkinliğini arttırma problemi için uygulanmıştır [40].

**ZAPROS III** yöntemi, ZAPROS LM prosedürünün değiştirildiği bir versiyonudur [39]. ZAPROS III'ün yazılımı da dahil edilerek uygulanan şekli ZAPROS III-i olarak isimlendirilmektedir. ZAPROS III'ü, Larichev [34], ve Dimitriadi & Larichev [41], ZAPROS III-i, Tamanini ve Pinheiro [42] tarafından uygulanmıştır.

**STEPZAPROS**, ZAPROS III yönteminden sonra bir versiyon olarak oluşturulmuştur. STEP-ZAPROS yönteminde, tercihlerin ölçeği, sorunun yalnızca gerçek alternatifleri dikkate alınarak oluşturulur (tam bir tercih kuralının yapılandırıldığı ZAPROS LM ve ZAPROS III yöntemlerinden farklı olarak). Yöntemin uygulaması yinelemeli olup, yalnızca gerektiğinde gerçekleştirilecek olan üç adım üzerine yapılandırılmıştır, yani ilk adımdan sonra soruna çözüm bulmak mümkün olmadığında ikinci adım uygulanacaktır. Bu özellik, yöntemin STEPZAPROS adını doğurmuştur [39]. STEP-ZAPROS, Figueira [43] tarafından uygulanmıştır.

ZAPROS LM, ZAPROS III ve STEPZAPROS'a göre daha az kriterler ile bu kriterlerin alternatiflerinden, el ile çözümlenerek Ortak Sıra Ölçeği (JOS)'nin oluşturulmasına imkan verir. Bu sebeple çalışmada ZAPROS LM yöntemi uygulanmıştır.

ZAPROS LM üç ana adımda yapılandırılmaktadır:

- (1) Problem Formülasyonu
- (2) Tercihlerin Ortaya Çıkarılması
- (3) Alternatiflerin Karşılaştırılması

Birinci ve ikinci aşamalarda karar vermeyle ilgili kriterler ve değerleri ile karar vericinin tercihinine bağlı tercih ölçeği elde edilir. Son aşamada karar vericinin tercihlerine göre alternatifler arasında karşılaştırma yapılır.

#### **2.4.1. Problem formülasyonu**

Alternatiflerin sıralanmasının gerektiği problemler günlük hayatta karşımıza çıkmaktadır. En iyi projelerin sıralanarak projelere finans sağlanması bir üretim planından en az tercih edileni belirleyerek plandan çıkarılması veya en çok tercih edilen alternatifleri sınırlandırmak gibi durumlar örnek olarak verilebilir [31].

Kriterlerin uzayındaki, KV tercihleri ile alternatiflerin ikili karşılaştırmaları için kurallar oluşturmak ve bu kuralları gerçek alternatiflerin sıralanması için kullanmak 1979 yılındaki Larichev makalesinde mantıklı kabul edilmektedir [30].

ZAPROS problemi şu şekilde formüle etmektedir:

1.  $K$  bir dizi kriterdir  $K = \{q_i\}; i = 1, 2, \dots, Q$ .
2.  $n_q$   $q$ 'inci kriterin ölçөгindeki olası değerlerin sayısıdır ( $q \in K$ ).
3.  $X_q = \{x_{iq}\}$   $q$ 'inci kriter için bir değerler kümesidir ( $q$ 'inci kriterin ölçөгü)  $|X_q| = n_q (q \in K)$ .
4.  $Y = X_1 * X_2 * \dots * X_Q$  aşağıdaki türde bir  $Y_i \in Y$  kümesidir.  
 $y_i = (y_{i1}, y_{i2}, y_{i3}, \dots, y_{iq}); y_{iq} \in X_q$  ve  $N = |Y| = \prod_{q=1}^Q n_q$
5.  $A = \{a_i\} \subseteq Y$ , gerçek alternatifleri tanımlayan bir vektörler kümesidir.

Gerekli olan, karar vericinin, kendi tercihlerine göre  $A$  kümesinin alternatiflerinin bir sıralamasını oluşturmağıdır.

Yukarıda bahsedildiği gibi,  $Y$ 'den gelen vektörlerin ikili karşılaştırmasıyla (karar vericinin tercihlerine göre) bir kural oluşturulur. Bu kural vektörlerin karşılaştırılması için kullanılır [31].

#### 2.4.2. Ortak sıra ölçөгünün oluşturulması (joint ordinal scale(JOS)) ve uygulanması

Herhangi bir karar analizinde ilk adım, kriterler kümesi oluşturmak ve alternatifleri kriterlere göre değerlendirmektir. Kriter değerlerini bir kriter ölçөгü boyunca sıralayabilmek için, karar vericinin, bahsi geçen kritere göre değerleri farklı olan (diğer tüm değerler aynı seviyede olmak üzere) alternatifini seçmesini beklenir.

Örneğin,  $A$  ve  $B$  kriterinden oluşturulan kriter kümesi içinde, sıralama yapabilmek için karar verici,  $A1B1$  alternatif ikilisinden sonra,  $A2B1$  veya,  $A1B2$  alternatif çiftlerinden birini seçmelidir.

Bu bilgi, her bir kriter  $i = 1, \dots, n$  için kapsamlı bir tercih ilişkisi olan  $> i$  oluşturulmasına ve buna uygun olarak oluşturulmuş bu sıralı ölçekler ile gerçek alternatiflerin baskınlık kuralına göre ikili karşılaştırmasına imkân verir.

- *Her  $i$  kriteri için  $a$  alternatifi  $b$  alternatifinden daha az tercih edilebilir değilse, alternatif  $a$ , alternatif  $b$ 'den daha az tercih edilebilir değildir.*

Tercih ortaya çıkarmanın bir sonraki seviyesi, iki kritere göre değerlerin sıralı bir biçimde karşılaştırılmasına dayanır. Böyle bir görevi yerine getirmek için bir karar vericiye şu türden sorular sormak gerekir:

"Neyi tercih edersiniz:  $i$  kriterine göre bu (daha iyi) seviyede ve  $j$  kriterine göre bu (daha düşük) seviyede mi veya diğer tüm kriterler aynı seviyedeyseniz,  $i$  kriteri için bu (daha düşük) seviye ve kriter  $j$  için bu (daha iyi) seviye mi?"

Bu durumda olası yanıtlar şunlardır: daha çok tercih edilir, daha az tercih edilir veya eşit derecede tercih edilir. Karar vericiden, ölçeklerindeki her bir kriter çifti ve her bir olası değer çifti için bu "sıralı değiş tokuşları" yapması istenir.

ZAPROS, Ortak Sıra Ölçeğinin (JOS) oluşturulması için bu bilgilerin yalnızca bir kısmını kullanır. Karar vericiden, biri hariç tüm kriterler için mümkün olan en iyi değerlere sahip  $Y \subset X$  gelen varsayımsal vektör çiftlerini karşılaştırması istenir. Bu vektörlerin sayısı büyük değildir;  $|Y| = \sum_{i=1}^n (n_i - 1) + 1$ .

Amaç, karar vericinin tercihleri temelinde  $Y$ 'den gelen tüm vektörlerin tam bir sıralamasını oluşturmaktır. Bu ölçek sıralamaları Ortak Sıra Ölçeği (JOS) olarak adlandırılır.

### **2.4.3. ZAPROS'un örnek uygulamaları**

ZAPROS uygulaması örnekler üzerinden anlatılacaktır. Birinci örnek, Tablo 2.3'te kriter ve alternatifleri görülen "Yönetim Bilişim Sistemleri'nde bir pozisyon için başvuruların değerlendirilmesi" örneği yer almaktadır. Tanımlamalar, bu örnek üzerinden açıklanacaktır.

## Örnek 1:

Tablo 2.3. Örneğin kriter ve alternatifleri

| Kriterler  | Ölçekler  |
|--|---|
| A. Öğrencilerimize öğretme yeteneği  | A1. Ortalamayı üzerinde<br>A2.Ortalama<br>A3.Ortalamanın altında    |
| B. Sistem Analizi ve Tasarımı (SA&D) ve Veri Tabanı Yönetim Sistemi(DBMS) öğretme becerisi | B1. Ortalamanın üzerinde<br>B2. Ortalama<br>B3. Ortalamanın altında |
| C. Tamamlanan araştırma ve bursun değerlendirilmesi  | C1. Ortalamanın üzerinde<br>C2. Ortalama<br>C3. Ortalamanın altında |
| D. Yayınlardaki potansiyel   | D1. Ortalamanın üzerinde<br>D2. Ortalama<br>D3. Ortalamanın altında |
| E. Araştırmada potansiyel liderlik   | E1. Ortalamanın üzerinde<br>E2. Ortalama<br>E3. Ortalamanın altında |
| F. Araştırma ilgi alanlarının eşleşmesi  | F1. Ortalamanın üstü<br>F2. Ortalama<br>F3. Ortalamanın altında     |

Tablo 2.3'te görülen, "yönetim bilişim sistemlerinde bir pozisyon için başvuruların değerlendirilmesi" örneği için kriterler oluşturulmuş ve bu kriterler, A, B, C, D, E, F olarak harflere atanmıştır. Bu harflendirmelerin karşısına ise, A kriteri için A1, A2, A3 ölçekleri oluşturulmuştur. Bu ölçekler, A kriterinin cevabı olacak şekilde eşleştirilmektedir. Örneğin, A kriteri A1 cevabı "öğrencimize öğretme yeteneği, ortalamanın üzerinde" şeklinde ifade edilmektedir. Aynı şekilde, A2 ile devam edildiğinde, "öğrencimize öğretme yeteneği, ortalama bir değerde", A3 ile devam edildiğinde ise "öğrencimize öğretme yeteneği, ortalamanın altında" şeklinde ifade edilir. Buna göre Tablo 2.4'te verilen, Alternatif a ile Alternatif b, iki ayrı başvuruya aittir.

Tablo 2.4. Varsayımsal alternatiflerin karşılaştırılması

| <b>Kriter</b>   | <b>Alternatif a</b>    | <b>Alternatif b</b>    |
|---|------------------------|------------------------|
| A. Öğrencilerimize öğretme yeteneği                           | Ortalamanın üstünde A1 | Ortalamanın üstünde A1 |
| B. SA&D ve DBMS öğretme becerisi                              | Ortalama B2            | Ortalamanın üstünde B1 |
| C. Tamamlanan araştırma ve bursun değerlendirilmesi           | Ortalamanın üstünde C1 | Ortalamanın üstünde C1 |
| D. Yayınlardaki potansiyel                                    | Ortalamanın üstünde D1 | Ortalama D2            |
| E. Araştırmada potansiyel liderlik                            | Ortalamanın üstünde E1 | Ortalama E2            |
| F. Araştırma ilgi alanlarının eşleşmesi                       | Ortalama F2            | Ortalamanın üstünde F1 |
| <b>Olası Cevaplar:</b>  |                        |                        |
| 1. Alternatif 1, Alternatif 2'den daha çok tercih edilebilir. |                        |                        |
| 2. Alternatif 1 ve Alternatif 2 eşit tercih edilebilir.       |                        |                        |
| 3. Alternatif 1, Alternatif 2'den daha az tercih edilebilir.  |                        |                        |

Tablo 2.4'te verilen, "Olası Cevaplar" başlığı altında belirtilen ifadeler, karar verici tarafından Alternatif a ile Alternatif b karşılaştırması sonucunda, KV'nin verebileceği cevaplardır. KV, Alternatif a ile Alternatif b karşılaştırmasında "ikisi de eşit tercih edilebilir", "Alternatif a, Alternatif b'ye göre daha çok tercih edilebilir", "Alternatif b, Alternatif a'e göre daha çok tercih edilebilir" şeklinde cevaplar verebilir.

Ortak Sıra Ölçeğinin (JOS) oluşturulması, çok nitelikli alternatiflerin karşılaştırılması için basit bir kural sağlar.

- *Alternatif a'nın her bir kriter değeri için Alternatif b'nin daha fazla tercih edilebilecek benzersiz bir kriter değeri bulunmuyorsa, Alternatif a, Alternatif b'den daha az tercih edilebilir değildir.*

Her alternatifteki bir kriter değerini Ortak Sıra Ölçeğinde (JOS(a)) karşılık gelen sıra ile değiştirerek, artan sırada (en çok tercih edilenden en az tercih edilene doğru) yeniden düzenlenmesi sonucunda,

$$JOS_1(a) \leq JOS_2(a) \leq \dots \leq JOS_n(a)$$

elde edilir.

Daha sonra iki alternatifin karşılaştırılması için aşağıdaki kural kullanılır.

- Her  $i = 1, \dots, n$  için Alternatif  $a$ , Alternatif  $b$ 'den daha az tercih edilir değildir

$$JOS_1(a) \leq JOS_2(b)$$

Tablo 2.5. Ortak sıra ölçeği (JOS) örneği

| Eşit Kriter Değerleri | Ortak Sıra Ölçeği (JOS) Sıralaması | Karşılık Gelen Vektörler                     |
|-----------------------|------------------------------------|--|
| A1, B1,C1,D1,E1,F1    | 1                                  | A1B1C1D1E1F1                                 |
| C2, E2                | 2                                  | A1B1C2D1E1F1<br>A1B1C1D1E2F1                 |
| A2, D2,F2             | 3                                  | A2B1C1D1E1F1<br>A1B1C1D2E1F1<br>A1B1C1D1E1F2 |
| B2                    | 4                                  | A1B2C1D1E1F1                                 |
| B3, E3,F3             | 5                                  | A1B3C1D1E1F1<br>A1B1C1D1E3F1<br>A1B1C1D1E1F3 |
| A3, C3,D3             | 6                                  | A3B1C1D1E1F1<br>A1B1C3D1E1F1<br>A1B1C1D3E1F1 |

Baskınlık kuralı temelinde karşılaştırılamaz olan aşağıdaki iki başvuru sahibini karşılaştırmak için Tablo 2.5'te sunulan Ortak Sıralama Ölçeği (JOS) kullanılır:



$$a = (A1, B2, C1, D1, E1, F2) \text{ ve } b = (A1, B1, C1, D2, E2, F1)$$

Tablo 2.5 incelendiğinde, KV'ye sorularak belirlenmiş olan, kriter ölçeklerinin birbiri üzerine baskınlığı hakkındaki tercihler, JOS sıralaması ve bunlara karşılık gelen alternatif kombinasyonlar görülmektedir. Birbirleri üzerinde eşit baskınlığa sahip olan kriter ölçekleri tabloda, A1,B1,C1,D1,E1,F1 şeklindedir. Aynı şekilde, C2 ve E2'nin birbirine karşı eşit baskınlığa sahip olduğu, benzer şekilde A2,D2 ve F2'nin, B3,E3 ve F3 için ve son olarak A3,C3 ve D3'ün de birbirine karşı eşit baskınlığa sahip olduğu görülmektedir. Burada, C2 ve E2'nin eşit baskınlıkta olması, "Tamamlanan Araştırma ve Bursun Değerlendirilmesinde Ortalama" ile "Araştırmada Potansiyel Liderlikte Ortalama" olarak birbiri yerine karşı tercih edilme durumunda eş baskınlığa sahip olmaları anlamına gelmektedir.

JOS sıralaması da yine KV'nin cevaplarıyla oluşturulmuş ve karşılık gelen vektörlerinin sıralaması Tablo 2.5'te verilmiştir. A1B1C1D1E1F1 için tercih edilme sırası 1 iken, A1B1C2D1E1F1 ve A1B1C1D1E2F1 vektörlerinin tercih edilme sıralaması 2 olarak belirlenmiştir. A2B1C1D1E1F1, A1B1C1D2E1F1, A1B1C1D1E1F2 vektörlerinin sıralaması 3 olarak belirlenmiştir. A1B2C1D1E1F1 vektörü tercih edilme sıralaması 4 olarak belirlenirken, A1B3C1D1E1F1,A1B1C1D1E3F1,A1B1C1D1E1F3 vektörlerinin tercih edilme sıralaması 5 olarak tercih edilmiştir. A3B1C1D1E1F1,A1B1C3D1E1F1,A1B1C1D3E1F1 vektörlerinin tercih edilme sıralaması de 6 olarak KV tarafından belirlenerek sıralanmıştır.

a ve b alternatiflerindeki her bir kriter değeri JOS'ta karşılık gelen sıra ile değiştirildiğinde ve artacak şekilde yeniden düzenlendiğinde, karşılaştırmanın kolayca yapılabileceği aşağıdaki iki vektör elde edilir:

$$JOS(a) = (1,1,1,1,3,4) \text{ ve } JOS(b) = (1,1,1,1,2,3).$$

JOS(a) ve JOS(b) ifadelerinde 1'den 6'ya doğru büyükten küçüğe tercih edilen şekilde bir sıralama yapılmıştır. Yani,  $JOS(a)$ 'daki 3 değeri E1'e değil, F2'ye aittir. Buna göre sıralama Tablo 2.6'teki şekilde oluşturulduğu gibi görülmektedir.

Tablo 2.6. Alternatiflerin artan düzende elde edilmiş vektör sıralaması

| <i>a</i> Alternatifinden oluşturulan <i>JOS(a)</i> |   | <i>b</i> Alternatifinden oluşturulan <i>JOS(b)</i> |   |
|--|---|--|---|
| A1   | 1 | A1   | 1 |
| C1   | 1 | B1   | 1 |
| D1   | 1 | C1   | 1 |
| E1   | 1 | F1   | 1 |
| F2   | 3 | D2   | 3 |
| B2   | 4 | E2   | 2 |

Tercihler karşılaştırıldığında, alternatif b'nin alternatif a'ya tercih edileceği artık açıktır. ZAPROS, a'dan gelen alternatiflerin ikili karşılaştırması için Ortak Sıra Ölçeğinin (JOS) kullanılmasını ve böylece kısmi bir sıra oluşturulmasını öne sürer.

ZAPROS'ta amaç, sorulan tercihli sorulara karar vericinin verdiği cevapların yönergesiyle bir Ortak Sıra Ölçeği (JOS (Joint Ordinal Scale))'nin oluşturulmasıdır. Sonrasında gerçek olarak sunulan alternatifler kümesi, bu sıralamaya göre değerlendirilir. Probleme uygun şekilde, istenen nitelikleri kapsayan kriterler ile bu kriterlerin ölçekleri belirlenir. Bu kriterler, ölçekleri ile birlikte karar vericiye sunulacak şekilde bir liste olarak oluşturulur.

### Örnek 2:

İkinci örnekte, ZAPROS uygulamasının üç adımı da incelenecektir. Örnekte, AR-GE projelerinin değerlendirmek için ZAPROS metodu kullanılmıştır. Problem şu şekildedir: bir grup sponsor, AR-GE projelerine para yatırmak için bir fon düzenlemek istemektedir. Fon düzenlemek isteyen sponsorlar tarafından en uygun projeyi seçmek amacıyla bir karar analizi danışmanı görevlendirilir. Bunun sonucunda projeleri değerlendirecek ekspertizin yüksek nitelikli olmasına ve ekspertiz ücretinin ödenmesine karar verilir. Ekspertiz sonrasında karar verici (KV) olarak isimlendirilecektir [31].

Fon organizatörü ve karar analizi danışmanı ve tarafından, birlikte, KV için önemli olduğu bilinen AR-GE projeleri hakkındaki kriterler ölçekleri ile birlikte hazırlanan soru listesi oluşturulmuştur. Bu liste;

#### A. PROJENİN AMACI İÇİN MEVCUT ALT YAPI

- A1. Benzersiz üretilmiş örneklerin olması
- A2. Bir üretim teknolojisinin olması
- A3. Sadece fikrin olması

#### B.MASRAFLAR ÖDENENE KADAR GEÇEN SÜRE

- B1. Ürünün üretilmeye başlamasından sonra yarım yıldan az bir süre
- B2. Ürünün üretilmeye başlamasından sonra bir yıl
- B3. Ürünün üretilmeye başlamasından sonra iki veya daha fazla yıl

#### C. ÜRETİM SÜREÇ ORGANİZASYONUNDAKİ ZORLUKLAR

- C1. Temel zorluklar değil
- C2. Bazı zorluklar var
- C3. Temel zorluklar olabilir

#### D. PAZAR DURUMU

- D1. Ürün için büyük bir talep var
- D2. Ürün için temel bir talep var
- D3. Ürüne dair talep bilinmiyor

Soru listesine göre, problem için, A kriteri, Projenin Amacı için Mevcut Alt Yapı, B kriteri, Masraflar Ödenene Kadar Geçen Süre, C kriteri Üretim Süreç Organizasyonundaki Zorluklar, D kriteri ise Pazar Durumu olacak şekilde dört kriter oluşturulmuştur. A, B, C ve D kriterleri için oluşturulan ölçekler ise üç kademeli olarak belirlenmiştir. Ölçeklerin, istenen durumdan istenmeyen duruma doğru sıralandığı görülmektedir. Örneğin, A kriteri için “Benzersiz üretilmiş örneklerin olması” ölçeği A1 olarak belirlenmiştir. Diğer “Bir üretim teknolojisinin olması” ölçeği A2 ve “Sadece fikrin olması” ölçeği A3 olarak belirlenmiştir. Diğer tüm kriterler aynı şekilde bir bakış açısıyla oluşturulmuştur.

Kriter tercihleri, Karar Verici'nin en çok tercih ettiğiinden en az tercih ettiğine doğru sıralanmıştır. Öncelikli olarak iki kriter için Ortak Sıra Ölçeği (JOS) belirlenir. Ortak Sıra Ölçeği'ni oluşturmak için kriterler arasındaki en iyi (ideal) olarak belirlenmiş kombinasyon ile

başlanır ve en iyi kombinasyon referans noktası olarak kabul edilir. Belirlenen referans noktası kullanılarak ikili kombinasyonlar ile karar vericinin tercihlerine göre bir sıralama oluşturulur. İdeal kombinasyon, referans noktası A1B1 tercihidir. Yani, projeye ait en iyi örneklerin olması (A1) ve ürün üretilmeye başlamasından itibaren yarım yıldan az bir sürede masrafların ödenmesi (B1).

Sonraki aşamada KV'ye JOS oluşturmak için sorular sorulur.

SORU: Mevcut teknolojiye sahip bir proje (A2) ve masrafların ödenmesine kadar yarım yıllık bir süre (B1) mi, yoksa imal edilmiş örnekleri olan (A1) ve masrafları ödenene kadar bir yıllık süresi olan bir proje (B2) mi tercih edersiniz?

KV'nin cevabı: Üretilen örneklerin olduğu ve masrafların ödenmesine kadar bir yıllık sürenin olduğu bir proje daha çok tercih edilir (A1B2).

SORU: Mevcut teknolojiye sahip bir proje (A2) ve masrafların ödenmesine kadar yarım yıllık bir süre (B1) mi yoksa imal edilmiş örneklerin olduğu (A1) ancak masrafların ödenmesine kadar iki yıl veya daha fazla süreye sahip bir proje (B3) mi tercih edersiniz?

KV'nin cevabı: Mevcut teknolojiye sahip bir proje (A2) ve giderleri ödenene kadar yarım yıllık bir süre (B1) daha tercih edilir.

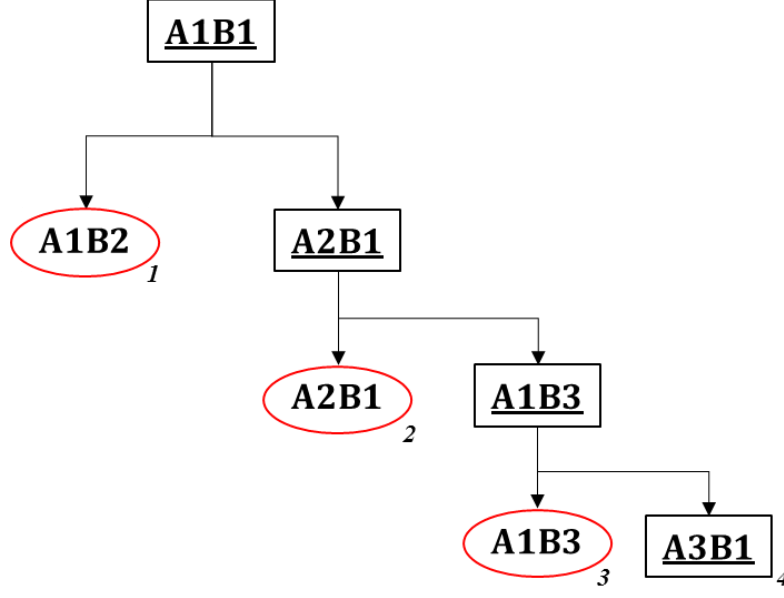
SORU: Üretilmiş örnekleri olan (A1), ancak masrafların ödenmesine kadar iki yıl veya daha uzun bir süreye sahip bir proje (B3) mi, yoksa masrafların ödenmesine kadar yarım yıllık bir süreye sahip (B1) ancak yalnızca fikir temel alınan bir proje (A3) mi?

KV'nin cevabı: Her iki varyant da kalitesiz, ancak mevcut üretilen örneklerle projeyi tercih edilir (A1B3).

SORU: Projeye olan talebin bilinmediğini ve ürünün imalatını organize etmede büyük zorluklar olabileceğini varsayalım. Üretilmiş örnekleri olan (A1), ancak masrafların ödenmesine kadar iki yıl veya daha uzun bir süreye sahip bir proje (B3) mi, yoksa masrafların ödenmesine kadar yarım yıllık bir süreye sahip (B1) ancak yalnızca fikir temel alınan bir proje (A3) mi tercih edersiniz?

KV'nin cevabı. Her iki varyantın da çok kötü olduğu açık, ancak mevcut üretilen örneklerle projeyi (A1) tercih ederim. (Yani A1B3)

Bu iki kriter için KV'nin verdiği verilen cevaplara göre oluşturulmuş sıralama Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. A ve B kriterleri için karar vericiye göre tercih akışı

Şekil 2.4'te yer alan 1'den 4'e kadar olan numaralandırmalar tercih sırasını belirtmektedir. Böylece KV'nin sorulara verdiği cevaplar, A ve B kriterlerini ortak bir ölçekte birleştirebilmeye imkân sağlar. Yalnızca A ve B kriteri için karşılaştırma C ve D kriteri sabit kalacak şekilde yapıldığında elde edilen JOS sıralaması şu şekildedir:

Referans noktası A1B1C1D1 olarak kabul edilmiştir.

A1B1C1D1 → A1B2C1D1 → A2B1C1D1 → A1B3C1D1 → A3B1C1D1

Sadeleştirilmiş hâliyle sıralanmış olan ölçek aşağıdaki gibidir:

A1B1C1D1 → B2 → A2 → B3 → A3

Aynı şekilde B ve D, A ve C veya C ve D kriterlerinin en iyi değerlerinin sıralamasını benzer şekilde yapmak mümkündür.

Bütün Kriterler için Ortak Sıra Ölçeği (Joint ordinal Scale for two criteria) oluşturulmak istendiğinde KV'ye diğer kriterler için benzer sorular sorularak karşılaştırmalar yapılmış ve

KV'den alınan yanıtlar sonucunda her kriter ikilisi için oluşturulan sıralamalar Şekil 2.4'te verilmiştir.

| Sıra     | A1B1 | A1C1 | A1D1 | B1C1 | B1D1 | C1D1 |
|----------|------|------|------|------|------|------|
|          | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    |
| <b>1</b> | B2   | A2   | A2   | B2   | B2   | C2   |
|          | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    |
| <b>2</b> | A2   | C2   | D2   | C2   | D2   | D2   |
|          | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    |
| <b>3</b> | B3   | A3   | A3   | B3   | B3   | C3   |
|          | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    |
| <b>4</b> | A3   | C3   | D3   | C3   | D3   | D3   |

Şekil 2.5. İkili kriter çiftlerinin karşılaştırmaları

Şekil 2.5 incelendiğinde;

A ve B için oluşturulan sıralama,  $A1B1 \rightarrow A1B2 \rightarrow A2B1 \rightarrow A1B3 \rightarrow A3B1$  şeklindedir.

A ve C için oluşturulan sıralama,  $A1C1 \rightarrow A2C1 \rightarrow A1C2 \rightarrow A3C1 \rightarrow A1C3$  şeklindedir.

A ve D için oluşturulan sıralama,  $A1D1 \rightarrow A2D1 \rightarrow A1D2 \rightarrow A3D1 \rightarrow A1D3$  şeklindedir.

B ve C için oluşturulan sıralama  $B1C1 \rightarrow B2C1 \rightarrow B1C2 \rightarrow B3C1 \rightarrow B1C3$  şeklindedir.

B ve D için oluşturulan sıralama,  $B1D1 \rightarrow B2D1 \rightarrow B1D2 \rightarrow B3D1 \rightarrow B1D3$  şeklindedir.

C ve D için oluşturulan sıralama,  $C1D1 \rightarrow C2D1 \rightarrow C1D2 \rightarrow C3D1 \rightarrow C1D3$  şeklindedir.

Şekil 2.5'te yer alan sol sütundaki sıralar, JOS'taki kriterlerin ölçeklerinin sıralanmasında kullanılır. Kriterin bulunduğu sırada yer alan ancak bir sonraki sıralarda yer almayan ölçek öncelikli olarak değerlendirilir.

1.sıra incelendiğinde, burada B2, A2 ve C2 yer almaktadır. 2.sıra incelendiğinde ise 1.sırada bulunan A2 ve C2 görülmektedir. Bu durumda öncelikli olarak B2 belirlenir.

2.sırada ise, A2,C2 ve D2 yer almaktadır. 3.sırayla kıyaslandığında, A2, C2 ve D2'nin bu sırada olmadığı belirlenmiştir. Bu durumda önceliklendirme 1.sıra ve 2. sıra arasında yapılır. 1.sırada A2'nin 2 kez tercih edildiği, C2'nin yalnızca bir kez tercih edildiği, D2'nin ise 1.sırada yer almadığı görülmüştür. O halde öncelikli olan A2 ölçegidir. Sonrasında ise öncelik sıralaması C2 ve D2 şeklindedir.

3.sırada ise B3, A3 ve C3 görülmektedir. 4.sırada B3'ün olup olmamasına göre önceliklendirilen B3 olacaktır. B3 3.sırada yer almadığı için öncelikli olarak belirlenir. 3.sıraya tekrar bakıldığında, A3'ün 2 kez tercih edildiği C3'ün ise 1 kez tercih edildiği gözlenir. Buna göre, B3'ten sonra A3, sonrasında C3 ve son olarak D3 sıralamada yer almalıdır.

Şekil 2.5 kullanılarak elde edilen JOS sıralaması:

$$A1B1C1D1 \rightarrow A1B2C1D1 \rightarrow A2B1C1D1 \rightarrow A1B1C2D1 \rightarrow A1B1C1D2 \rightarrow A1B3C1D1 \rightarrow A3B1C1D1 \rightarrow A1B1C3D1 \rightarrow A1B1C1D3$$

JOS sıralaması, kısa şekilde de gösterilebilmektedir:

$$A1B1C1D1 \rightarrow B2 \rightarrow A2 \rightarrow C2 \rightarrow D2 \rightarrow B3 \rightarrow A3 \rightarrow C3 \rightarrow D3$$

Larichev ve Moshkovich bazen projelerin JOS temelinde karşılaştırılamayacağını ifade eder [31]. Örneğin A2B3C2D3 kriterlerine sahip bir proje ile A3B2C3D2 kriterlerine sahip bir projenin kıyaslanamayacağını belirtir. Çünkü B2 A2'ye, C3 D3'e ve B3 A3'e tercih edilmektedir. Bu durumda iki proje de neredeyse eşit bir önceliklendirmeye sahip olur. Bundan dolayı birbiri ile kıyaslandığında üstün bir tercih durumu mevcut olamaz.

### **Projelerin Karşılaştırılması**

Ortak sıra ölçeğinin oluşturulması için gerekli olan sorular ve cevaplar, projelerin sıralanması için karar vericiden ihtiyaç duyulan tek bilgiyi temsil eder. 4 kriterli bu örnekte karar verici 24 soruyu cevaplamalıdır.

JOS'a göre değerlendirilecek iki ayrı proje bulunmaktadır: N1 ve N2. İki projenin alternatif kümesi aşağıdaki şekildedir:

N1: A2B2C1D1 (ürünün üretimi için bir teknoloji var, masrafların ödenmesine kadar geçen süre bir yıl, imalatının organize edilmesinde esaslı bir zorluk yok ve ürün çok talep görüyor).

N2: A1B2C2D2 (ürünün imal edilmiş örnekleri var, giderlerin ödenmesine kadar geçen süre bir yıl, imalatının organize edilmesinde bazı zorluklar var, ürüne dair temel bir talep var).

Projelerin gerçek alternatifler kümesi oluşturulan Ortak Sıra Ölçeği temelinde karşılaştırılır.

$$A1B1C1D1 \rightarrow B2 \rightarrow A2 \rightarrow C2 \rightarrow D2 \rightarrow B3 \rightarrow A3 \rightarrow C3 \rightarrow D3$$

JOS sıralamasına göre, N1'deki C1 ve D1 ölçekleri ile N2'deki A1 ölçeği öncelikli olandır. Bu nedenle A2,B2,C2 ve D2 ölçekleri üzerinden bir karşılaştırma yapılacaktır. JOS'a göre, B2, C2 ve D2 ile kıyaslandığında öncelikli olduğu görülmektedir. Buna göre,

- N1'de yer alan B2, N2'deki C2'ye göre önceliklidir.
- N2'de yer alan B2, ise N1'deki A2' ye göre önceliklidir.
- N1'de yer alan A2 N2'de yer alan D2'ye önceliklidir.

Sonuçta,

- B2, C2'ye önceliklidir ve A2, D2'ye tercih edilir. Bu nedenle, daha fazla öncelikli kriter değerleri kombinasyonuna sahip olan N1 projesi N2 projesine önceliklidir. Yani KV tercihleri sonucunda önceliklendirilmiştir.

## **2.5. Entropi ve ABC Analizi**

### **2.5.1. Entropi**

MCDA yöntemlerinde, kriterlerin ağırlıklandırılması objektif ve sübjektif yöntemler olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilmektedir [44]. Sübjektif yöntemlerde kriter ağırlıklarının yalnızca karar vericilerin tercihlerine veya yargılarına göre belirlenirken, objektif yöntemlerde ise, karar vericilerin tercihlerini dikkate almadan entropi yöntemi veya çok amaçlı programlama gibi matematiksel modeller kullanır. Objektif ağırlıklı yaklaşım, özellikle güvenilir sübjektif ağırlıkların elde edilemediği durumlarda kullanılır. Karar matrisinin ölçeklerinin bilindiği durumlarda kullanılan Entropi, objektif ağırlıklı yaklaşımlar içinde değerlendirilmektedir.

Entropi, termodinamikte düzensizlik olarak 1865'te Rudolf Clausius tarafından tanımlanmıştır [45]. 1947 yılında da Shannon [44] tarafından farklı bir ifade ile enformasyon entropisi şeklinde açıklanmıştır. Entropi yönteminde, kriter ağırlıkları için birinci adım olarak karar matrisinin oluşturulması yeterlidir. Sonrasında bu matris üzerinden kriter ağırlıkları hesaplanır. Entropi'nin kullanılmasındaki en önemli etkenlerden birisi de, alternatiflerin ölçeklemeleri üzerinden objektif sonuçlar sağlamasıdır. Entropi yöntemi adımları şu şekildedir [45]:



1. Adım: Karar Matrisi Oluşturulması: Öncelikli olarak karar matrisi oluşturulur.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

2. Adım: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması: Farklı ölçek boyutlarının bir arada kullanılmasına olanak sağlamak için kriterlerin normalizasyonu yapılır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (2.2)$$

*i*: karar vericiler; *j*: kriter;  $r_{ij}$  = normalize edilmiş değerler;

$x_{ij}$  = *i*. karar vericinin *j*. kritere göre atadığı skor

Normalizasyon işlemi sonrası  $R = [r_{ij}]_{m \times n}$  karar matrisi elde edilir.

3. Adım: Kriterler için Entropi Değerlerinin Eldesi:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \cdot \ln(r_{ij}) \quad (2.3)$$

$i = 1, 2, \dots, m$  ;  $j = 1, 2, \dots, n$  ;  $k$ (entropi katsayısı) =  $(\ln(m))^{-1}$

$r_{ij}$ : normalize edilmiş değerler

$e_j$  : entropi değeri

4. Adım: Entropi Kriter Ağırlığı Hesaplaması:

$$w_j = \frac{e_j}{\sum_{j=1}^n (e_j)} \quad (2.4)$$

$e_j$  değeri kriterlere ait entropi değerlerini gösterirken,  $w_j$  değeri kriterlerin önem düzeylerinin göstergesi olan ağırlık değerlerini ifade etmektedir. Entropi olasılık değerlerinin toplamı her zaman 1'e eşittir.

$$w_1 + w_2 + w_j + \dots + w_n = 1$$

### 2.5.2. ABC (always better control) analiz yöntemi

ABC analizi, İtalyan ekonomist Vifredo Pareto'nun devletin gelirlerinin % 80'lik kısmının yalnızca %20'lik bölümünü halka harcadığı düşüncesiyle ortaya çıkmış ve 80-20 kuralı veya Pareto Kanunları adıyla anılmıştır. ABC analizinin çıkış noktası stok kontrolüdür. Bununla birlikte satış, dağıtım, kalite kontrolü, ürün türü, materyal tedariki ve üretim planlama sorunları gibi durumlara da uygulanabilmektedir [46].

Geliştirilen metodun temel prensibi, parçaların, satıcıların, ürünlerin, malzemelerin vb. gruplandırılmasına dayanmaktadır.

A, B ve C grupları için;

A (Always): Toplam değer %70-80'inini oluşturur ve kriter değeri yüksek, önem arz eden kriterler olarak değerlendirilir.

B (Better): Toplam değer %40-50'sini oluşturur ve kriter değerine bakılarak, önem değeri orta derece olan kriterler olarak değerlendirilir.

C (Control): Toplam değer %5-10'unu oluşturur ve kriter değeri olarak düşük olup önem seviyesi olarak da düşük olan kriterlerdir.

1. Adım: Kriter ağırlıkları tespit edilir.

2. Adım: Kriter ağırlıkları büyükten küçüğe sıralanır.

3. Adım: Yüzdeleri alınır.

4. Adım: Yüzdeleri kümülatif toplam ile yukarıdan aşağı toplanır.

5. Adım: Yukarıdan aşağı %70 aralığına A, %20 aralığına (%80-%90) B, %10 kısmına C verilir.

## 3. UYGULAMA VE METOD

### 3.1. Problem Tanımı

İçinde bulunduğumuz Pandemi sürecinde tüm üretim sektörlerinde olduğu gibi medikal malzeme üreten firmalarda da aksaklıklar yaşanmış ve hâlâ yaşanmaya devam etmektedir. Covid-19 pandemisine bağlı olarak, biyomalzeme üretimi etkilenmiş, artan talebin karşılanmasında zorluklar yaşanmıştır.

Bu çalışmada, üretim ağındaki bu etkilenme, polimerik biyomalzeme üretimi yapan firmalar perspektifinden ele alınarak incelenecek ve üretim süreçlerinde ağırlıklı olarak kalite kriterleri yönünden, salgın hastalık sürecindeki etkilenmeler hakkında değerlendirmeler sözlü karar analiz yöntemi ZAPROS ile yapılacaktır.

Pandemi dönemleri, insanların sağlığını doğrudan etkileyen süreçlerdir. Üretim sektörleri her ne kadar sanayileşmenin etkisiyle makine bazlı çalışmalar gerçekleştirirler de üretim ağındaki insan faktörü mevcut durumda etkin rol oynamaya devam etmektedir. Tüm bunlara bağlı olarak biyomalzeme üretim sektörü de salgın hastalıklar döneminde üreticiden hastaya ulaşana kadar insan merkezli bir üretim ağı gerçekleştirmekte, dolayısıyla süreçten etkilenmektedir.

İnsan faktörüne dokunan her türlü olay ve duruma karşı, sürdürülebilirliğin sağlanması için böyle dönemlerde firma ve sektör temsilcilerinin öngörülü olması ve üretime yönelik risk temelli yaklaşım sağlanması gerekmektedir.

### 3.2. Kalite Nedir?

Kalite sözcüğü, Latince bir kelime olan, “Qualitas” kelimesinden türetilmiştir. “Bir şeyin nasıl oluştuğu” anlamını taşımaktadır [47].

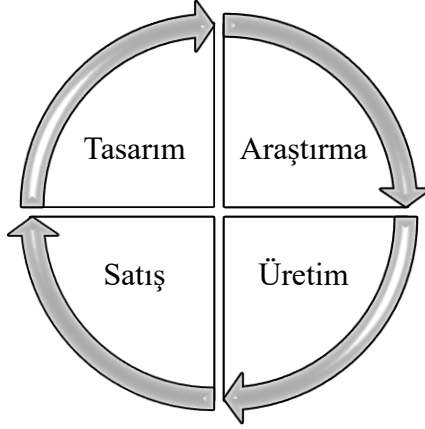
Kalite, ortaya çıktığı yıllardan bugüne kadar çeşitli şekillerde tanımlanmıştır. 1951 yılında Feigenbaum tarafından, “Kalite, bir ürün veya hizmetin değeri” olarak tanımlanırken, Lewitt [48] tarafından “Kalite, önceden belirlenmiş özelliklere uygunluk” şeklinde ifade edilmiştir. Taguchi [49] ise, kalite için, “ürünün sevkiyattan sonra toplumda neden olduğu minimal zarardır” ifadelerini kullanmıştır. Kalite üzerinde önemli çalışmaları olan Juran tarafından [50],

“ Kalite, kullanıma uygunluk” olarak ifade edilirken, Crosby [51] tarafından ise “Kalite, bir ürünün ihtiyaçlara uygunluk derecesi” olarak tanımlanmıştır [52].

Ayrıca, Kaizen ilkesini ortaya çıkaran Masaaki İmai [53] kalite için, “En geniş anlamda kalite, iyileştirilebilen her şeydir. Bu bağlamda kalite, sadece ürün ve hizmette değil, aynı zamanda kişilerin nasıl çalıştıkları, makinaların nasıl işletildikleri, sistem ve prosedürlerin nasıl yürütüldüğü ile de ilgilidir. İnsan davranışlarını her yönüyle içermektedir.” ifadesini kullanmıştır.

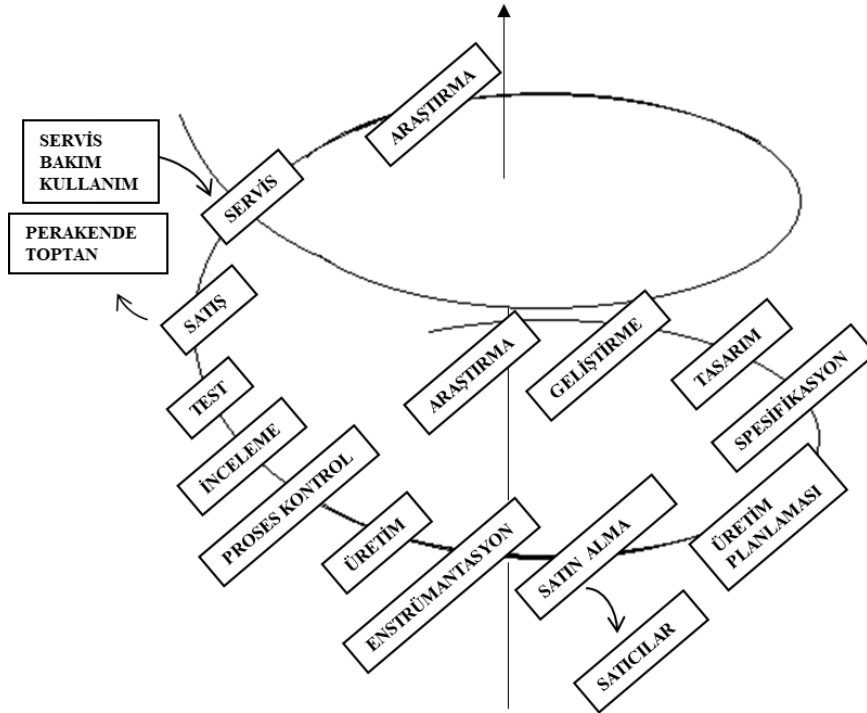
Kalitenin tarihsel gelişiminin milattan önceki yıllara dayandığı belirtilmekle birlikte, gerekliliğinin ortaya çıktığının bilindiği zaman II. Dünya Savaşı ve sonrasında. Sanayi devriminden sonra, seri üretimlerin artmasına bağlı olarak, savaş ekipmanı üretimindeki kalitesiz ürün sayısının çokluğu, başarısızlıkları doğurmuştur. Bu sebeple, kalite ilk olarak “kalite kontrol” amacıyla ortaya çıkmış ve üretim birimi yerine kalite kontrol bölümünün sorumluluğu olmaya başlamıştır.

Sonraki yıllarda yalnızca kalite kontrol bölümündeki kalite anlayışının yetersiz olduğu anlaşılmış Juran, Deming ve Feigenbaum önderliğinde kalite, kalite kontrol biriminin sorumluluğundan çıkartılmıştır. Deming, ilk kez, kalite kontrol uygulamalarını, firmanın diğer bölümlerine, (araştırma, tasarım, üretim, satış vb.) dağıtmıştır. *Deming Kalite Çevrimi* adı verilen, müşteri tatminini esas alan kaliteye ulaşabilmek için, piyasa araştırması, tasarım, üretim ve satış olarak dört aşamanın birbirini takip ettiği bir çevrim tanımlaması yapmıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Deming çevrimi

Juran ise, toplam kalite ifadesinin ortaya çıkmasına yardımcı olmuş ve kalitenin tüm yönetimi ilgilendirdiğini ifade etmiştir. Juran'a göre kalitenin hangi aşamalarda olması gerektiğini Juran Spirali göstermektedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Juran'ın kalite spirali [52]

Japonya, 1950'lerde kalite anlayışını kendi üretim ağına yerleştirerek benimsetmeye çalışmıştır. Japonya'daki bu benimsetme faaliyetlerinin sonucunda Deming Çevrimi, PUKÖ (Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al) döngüsüne dönüştürülerek yönetim ve üretim alanlarında uygulanmaya başlanmıştır.

### **3.2.1. Üretim kalitesini etkileyen faktörler nelerdir?**

Dünyada genel olarak her sektörde bahsi geçen kalite anlayışlarına bağlı olarak üretim, dağıtım, pazarlama alanlarında kalite sistemleri geliştirilmiştir. Geliştirilen kalite sistemlerini etkileyen faktörler vardır. Bu faktörler makaleler çerçevesinde ve tıbbi cihaz sektörü için uygulanan çerçevesinde *TS EN ISO 13485:2016 Tıbbi cihazlar – Kalite yönetim sistemleri* [54] standartına göre kaliteyi etkileyen faktörler şu şekilde sıralanabilir:

#### **1. Üretim ve Malzeme Maliyetinin Satış Fiyatına Oranı**

Bir üretim tesisinde maliyet etki alanlarının başında gelmektedir. Bir ürünün kalitesi ürün maliyetini doğrudan etkilemektedir. Üretim sürecinin ilk adımı olan tasarım, ürün istenilen şekilde oluşana kadar denemelere maruz kalır. Bu denemeler, birçok biyouyumluluk ve performans testinde istenilen aralıklara uygun şekilde sonuç alınana kadar tekrarlanır. Bu durum henüz üretilmemiş ürünler için geçerlidir. Ancak aynı süreç hali hazırda üretilmiş ürünler için de tasarımın gözden geçirilmesindeki geri bildirimlerle veya daha efektif tasarımlar istendiğinde de uygulanmakta ve bu da üretim maliyetlerine yansımaktadır.

Bunun yanı sıra, bir ürünü üretme sürecindeki bir sonraki adım üretilecek ürünün belgelendirilmesidir. Prototip ürün üretildikten ve tüm bu üretim süreci dokümanite edildikten sonra kurumlar tarafından yapılan denetlemeler gerçekleştirilmiştir. İstenilen belgeye uygun üretim sahası ve ürün görülürse belge alımı gerçekleşir. Tüm bu belgelendirme süreci de üretimin bir parçası olup maliyetin içine dâhil olmaktadır.

Tüm bu üretim süreç maliyetlerinin satış fiyatına oranı etkili bir faktördür. Firmalar tarafından bu oranın düşük olması istenir. Aksi takdirde, yükselen maliyetler ile satış oranının dengesizliği firmanın üretim kalitesinde düşüşe sebep olabilmektedir.

## 2. Hatasız Üretim Veya Hata Oranı Düşük Üretim

Sağlık sektöründeki hatalı ürün oranı, doğrudan insan sağlığını ilgilendiren bir sektör olması sebebiyle, ciddi riskler barındıran bir kriterdir. Detaylı olarak üretim öncesi ve sonrası kalite kontrollerinin yapılmaması, performans değerlendirmelerine dikkat edilmemesi sonucunda kullanıcıya ulaşan hatalı ürün, kullanıldığı yere göre, insan için ciddi sağlık sorunlarına veya ölüme sebebiyet verebilir. Bu nedenle kalite kontrol noktalarında, ürünlerin test aşamalarında yoğun ve dikkatli kontrollerin yapılması gerekmektedir.

Örneğin bu durum için geliştirilmiş ve genel olarak her alanda kullanılan, FMEA (Hata Türü ve Etkileri Analizi) tabloları, hatalardan kaynaklanan risklerin düşürülmesine, hataların sebep olduğu maliyetlerin azaltılmasına, firmanın prestijinin ve güvenilirliğinin artırılmasına ve kalitenin sistemli şekilde geliştirilmesine ortam hazırlayan bir araç olarak bu süreçlere yardımcı olmaktadır [55].

Hastaya veya son kullanıcıya ulaşmış hatalı ürünün, şikâyet ile geri çağırılması ve toplatılması, firma, hizmet sağlayıcıları, bu duruma maruz kalan hasta için uzun ve maliyetli yasal işlemleri içermektedir. Bu durum, hem insan sağlığına, hem firma prestijine hem de maliyet oranına dolayısıyla kaliteye etki eden bir kriterdir.

## 3. Personel Eğitimi

TS EN ISO 13485:2016 tıbbi cihazlara yönelik kalite yönetim sistemi standardında yer alan kaynak yönetimi 6.2 insan kaynakları maddesinde: “*ürün kalitesini etkileyen işleri gerçekleştiren personel; gereken eğitim, öğretim, beceri ve deneyim yönünden yetkin olmalıdır*” ifadesi yer almaktadır. Standarda göre kuruluş yetkinliği tesis etmek için bu eğitimi personeline sağlamakla yükümlüdür.

Ayrıca, TS EN ISO 9001:2015 [56] Standardının 7.2 *Yeterlilik* maddesinde de eğitime dair firmaların yükümlülükleri şu şekilde ifade edilmektedir:

“Madde 7.2 Yeterlilik:

a) *Kalite yönetim sisteminin performansını ve etkinliğini etkileyen kendi kontrolü altında çalışan kişi/kişilerin gerekli yeterliliğini belirlemeli,*

b) *Bu kişilerin, uygun eğitim, öğretim ve tecrübelerini dikkate alarak yeterliliklerini güvence altına almalı*

*Uygulanabildiğinde, ihtiyaç duyulan yeterliliği kazanması için gerekli faaliyetleri yapmalı ve bu faaliyetlerin etkinliğini değerlendirmeli”*

İki kalite yönetim standardındaki ifadelerle göre, firma kendi bünyesindeki personeller için eğitimi tesis etmeli ve bunları değerlendirmelidir. Ayrıca, hammadde alımındaki istenilen özellikte uygun şekilde ürünlerin temininde, kabulünde, üretim sahasında ve üretim sonrasında tüm süreçlerde personelin yer alması sebebiyle, personel eğitimi kaliteyi doğrudan etkileyen bir kriterdir. Örneğin biyomalzeme üretiminde, doğru ve sağlıklı sonuçların oluşabilmesi için eğitilmiş bir personel ile uygun prosedürler uygulanarak istenilen sonuçlara ulaşılmalıdır [57].

Hatta, bir kuruluşun sağlam bir kalite yapısının olabilmesi için eğitim hayati bir öneme sahiptir [58].

#### **4. Tedarik Zinciri Ve Ürün Kalitesi**

Tedarik zinciri, hammaddelerden, yarımamül teminine kadar olan süreçte sürekli olarak aktif rol oynayan bir faktördür. Bir tedarik zinciri ağı, müşteriler, tedarikçiler, dağıtım merkezleri ve ürünler olmak üzere dört önemli unsuru içerir.

Biyomedikal endüstrisinin üretkenliğini optimize etmek için, dağıtım merkezlerinden müşterilere kadar her aşamada hizmet akışı sağlamak gereklidir. Üreticilerin, talep edilen ürün miktarlarını zamanında ve bir tedarik yönetimi ile karşılayabilmeleri gerekmektedir. Bu durumun aksi düşünüldüğünde, plansız ve yönetimi aksayan bir üretim, kaliteli ve istenen performansı gösteren hammadde/yarımamül üretimini sağlamakta eksik kalacak ve bu hammadde/yarımamül tedariki sağlayan medikal firmaların üretimini ve ürün kalitesini doğrudan etkileyecektir.

Tedarik zinciriyle birlikte tedarik edilen ürünlerin de istenilen kalite ve istenilen uygunlukta olması üretim ağının temel taşı oluşturulmaktadır. Salgın hastalıklar sürecinde, hammadde ve yarı mamül tedarik zinciri sektöre uğramış, fabrikalar üretimini yavaşlatmış ve az sayıda personel ile üretim yapılmaya çalışılmıştır [59]. Bu da müşteri firmalara gönderilen malzemelerin kalitesinde değişikliğe, ulaşım sürelerinin aksamasına neden olabilecek üretilen ürünün performansını ve kalitesini doğrudan etkileyebilecektir.



## 5. Bakım ve Onarım

Bakım fonksiyonunun önemi, kullanılabilirliği, performans verimliliği, kaliteli ürünlerin ortaya çıkmasını sağlamasıyla, ayrıca zamanında teslimata olan etkisiyle, çevre ve güvenlik gerekliliklerini ve yüksek seviyelerde toplam tesis maliyet etkinliğini korumasıyla ve iyileştirmedeki rolü nedeniyle artmıştır. Bakım ve diğer nedenlerden dolayı üretim süreçlerindeki aksaklıklar üretkenliği düşürür, ürün maliyetini artırarak karlılığı düşürür. Ekipman veya tesislerdeki bir arıza yalnızca üretkenlik kaybına değil, aynı zamanda müşterilere zamanında ulaşan hizmet kaybına da neden olabilir ve hatta şirket imajını yok eden güvenlik ve çevre sorunlarına yol açabilir [60].

Üretici firmada uygulanan, etkili bir bakım politikası, bakım işlemi sürecinin verimliliğini, etkinliğini arttıracak dolayısıyla kaliteli ürünlerin ortaya çıkmasına sağlayacaktır [60].Sonuçta, ürün kalitesinde, üretim tesislerindeki cihazların bakım ve onarım işlemlerinin doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir.

## 6. Geri Bildirim

Üretici firmalar, kendi bünyelerindeki tasarım ve kullanılabilirlik adına yaptığı çalışmaların yanı sıra, piyasaya sunduğu üründen aldığı geri bildirimler ile kullanıcı üzerinden bir kalite dönütü sağlar. Ürünün geliştirilmesi esnasında hangi bölümde bir iyileştirme yapılması gerektiğine yönelik üreticiye fikir sunar. Süreçler ve sonuçlar hakkında zamanında geri bildirim, PUKÖ ve yalın yönetim ve hata önleme gibi iyileştirme döngülerinin önemli bir unsurudur [61].

TS EN ISO 9001:2015 [56] standardında, 9.1.2 Müşteri Memnuniyeti maddesi içerisinde,

*“Kuruluş, müşterinin kendi ihtiyaç ve beklentilerinin ne ölçüde karşılandığını algılamasını izlemelidir. Kuruluş, bu bilginin elde edilmesi, izlenmesi ve gözden geçirilmesi için yöntemler tayin etmelidir”* şeklinde ifade edilmektedir.

Bunun dışında standartta birçok yerde geri bildirimlerin değerlendirilmesine dair atıflar yer almaktadır.

TS EN ISO 13485:2016 [54] standardında ise 8.2.1 Geri Bildirim maddesinde,

*“Kuruluş, geri bildirim sürecine ilişkin prosedürleri dokümante etmelidir. Bu geri bildirim süreci, üretim ve üretim sonrası faaliyetlerden veri toplamak için şartları içermelidir.*

*Geride bildirim sürecinde toplanan bilgiler, ürün gerekliliklerini izleme ve sürdürmenin yanı sıra ürün gerçekleştirme veya iyileştirme prosesleri için risk yönetimi için olası bir girdi işlevi görür” şeklinde ifade edilmektedir.*

Kalite yönetim sistemi için oluşturulmuş standartlar dikkate alındığında, ürün kalitesi ve iyileştirilmesi için, geride bildirimlerin önemi ortaya çıkmaktadır.

## **7. Pazar Alanı**

Salgın dönemlerinde biyomalzeme ihtiyacına yönelik olarak, ürün tedarik talebi değişmektedir. Buna bağlı olarak ürüne yönelik talebin değişmesi, pazar alanında da daralma veya genişlemeye sebep olabilmektedir. Bu da doğrudan, üretim maliyetlerinin karşılanabilmesine doğasıyla da üretime etki etmektedir. Örneğin Covid-19 pandemi sürecinde, maske üretimine olan talebin artmasıyla medikal maske pazar alanı tüm dünyada artış göstermiştir.

Bunun dışında ülkemizde ve diğer ülkelerde de pandeminin artmasına bağlı olarak ertelenen acil olmayan ameliyatlara yönelik malzemelerin talebinde azalma görülmüştür. Acil ameliyatlarda erteleme gerçekleşmezken estetik operasyon ameliyatlarının ertelenmesiyle buna bağlı ürün tedarik taleplerinde düşme gözlenmiştir [62].

## **8. Reklam Ve Pazarlama İmkanlarına Ulaşılması**

Medikal sektörü için yurt içi ve yurt dışında birçok fuar gerçekleştirilmektedir. Bu fuarlarda, firmalar ürünlerini tanıtarak kullanıcılara sunmaktadır. Biyomalzeme sektöründe yer alan firmalar da her yıl düzenlenen bu fuarlara katılım göstererek ürünlerine yönelik, reklam ve tanıtım yapabilmekte ve böyle fuarlar ulusal ve uluslararası müşterilere ulaşmayı arttırmaktadır. Bu doğrudan satışları etkileyen ve üretimin sürekliliğine katkı sağlayan bir faktördür. Pandemi ve salgın hastalıkların, teknoloji kullanımının arttığı bir dönemde ortaya çıkması, dijitalleşmeyi arttırarak, eğitim, sağlık, çalışma hayatı gibi alanlarda iletişim kanalları sağlamıştır [63]. Pazar alanı ve reklam imkanları için de bu durum uygulanmış olup online fuarlar gerçekleştirilmiştir. Bu faktör, üretimin satışa bağlı olması sebebiyle maliyeti ve o dolayısıyla kaliteyi etkileyen bir unsurdur.

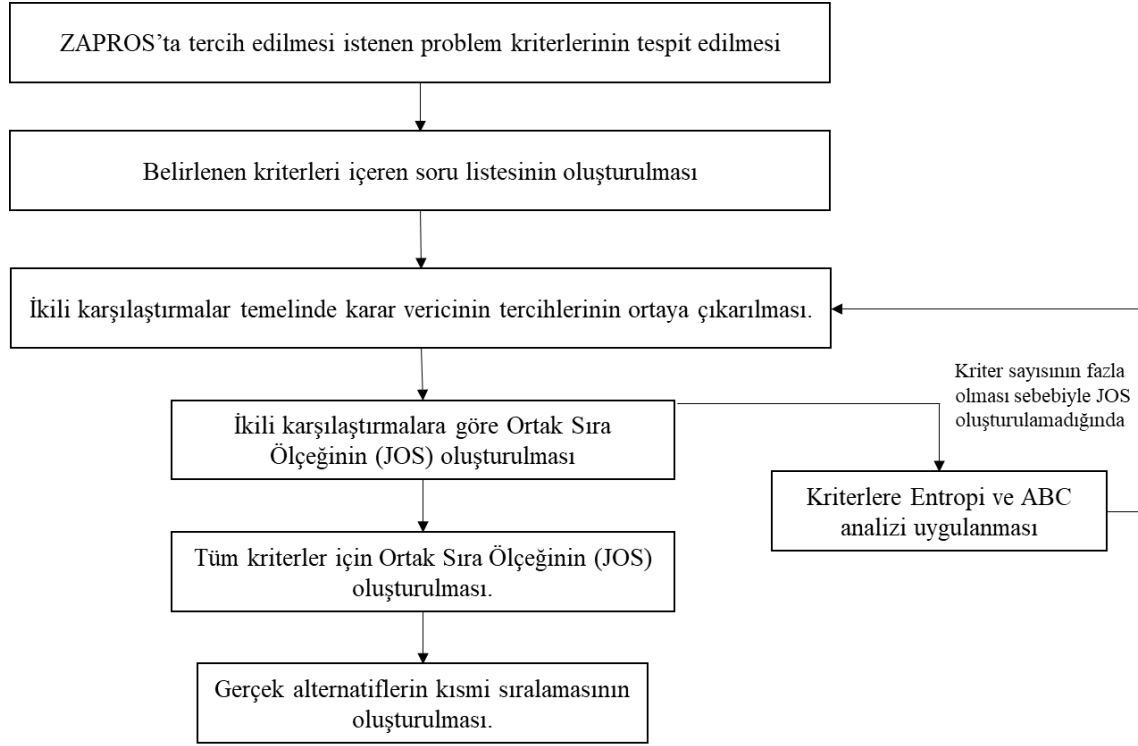
## 9. Pandemi İle Uygulanan Devlet Politikaları

Salgın hastalıklar sürecinde hükümetler acil durum planları çerçevesinde belirli ekonomik, sosyal, eğitim ve sağlık gibi alanlarda bazı politikaları uygulamaya koyabilmektedir. Bu uygulama, mevcut sistemin en az etkilenme ile süreci atlama için yapılmaktadır. Örneğin, Covid-19 sürecinde ülkemizde, vergi muafiyetleri, kısa çalışma uygulaması, kısa çalışma ödeneği, işçi çıkarma yasağı, online eğitim uygulaması (EBA gibi), acil olmayan ameliyatların ertelenmesi gibi birçok uygulama gerçekleştirilmiş ve bununla pandeminin yayılmasını ve can kaybının önlenmesi amacı ön planda tutulmuştur [3].

Üreticilerin, firma sahiplerinin, üretimlerinin kısa süreli veya tam kapanma sürecinde tamamen durması maliyetleri doğururken, bu maliyetleri en aza indirmek bu politikalar ile amaçlanmıştır. Bu durum firmanın maliyetinin artış/azalış durumunu doğrudan etkilemesi, işçinin çalışma şeklinin ve veriminin etkilenmesi sebebi ile ürün kalitesini etkileyen faktörler arasında yer almaktadır.

### 3.3. Çalışmada ZAPROS Yönteminin Uygulaması

Çalışmada, ZAPROS ile birlikte ABC analizi ve Entropi yöntemi uygulanmıştır. ZAPROS'u uygularken ilk önce, probleme uygun soru listesinin karar vericinin/vericilerin değerlendirebileceği kriterlere göre hazırlanması, ardından karar vericilerin tercihleri doğrultusunda bir Ortak Sıra Ölçeği (JOS)'nin oluşturulması, sonrasında olarak ise gelen gerçek alternatif kümeleri ile JOS'u karşılaştırarak karar vericinin seçimleri doğrultusunda en uygun seçimin sağlanmasıdır. Çalışmanın basamaklarını içeren akış şeması Şekil 3.3'de verilmiştir. Bu çalışmada 6 adet karar verici belirlenmiştir. Bu karar vericiler polimerik biyomalzeme üretici firmalarından oluşmaktadır. Karar verici olarak atayabilmek için üretim geçmişi uzun vadeli olan firmalar seçilmiş ve üretim ile kalite departmanlarındaki deneyimli kişiler ile (telefonda) iletişim kurulmuştur. Bu kişiler hem varsayımsal kümeyi oluşturan karar vericiler hem de alternatif kümesini oluşturan unsurlardır.



Şekil 3.3. ZAPROS uygulaması akış şeması

### 3.3.1. Soruların hazırlanması

Literatür araştırmasına ve sektör içindeki firmalardan sözlü alınan değerlendirmelere dayanarak malzeme üretim sürecini etkileyen faktörlerin yer aldığı bir soru listesi oluşturulmuştur. Bu soru listesi kalite kriterlerini içermektedir. ZAPROS yöntemine uygun şekilde uyarlanarak firmalara sorulmak için hazırlanmıştır.

ZAPROS'ta oluşturulan soru listesinde kriter ölçekleri en çok istenenden en aza doğru sıralanmaktadır (A1. En çok istenen değer, A2. Orta istenen değer, A3. En çok istenen değer). Bu çalışmada, salgın hastalıkların polimerik biyomalzeme üretimi üzerindeki beklenen etkisinin araştırılmasından dolayı oluşturulan kriterlerdeki ölçek, istenen değer = olası/beklenen değer şeklindedir.

Örneğin üretim ve malzeme maliyetinin satış fiyatına oranını değerlendiren A kriteri için, A1. Bu süreçle birlikte arttı (En olası/beklenen yüksek değer), A2. Herhangi bir değişiklik olmadı (En olası/beklenen orta değer) A3. Bu süreçle birlikte arttı (En olası/beklenen düşük

değer) şeklinde oluşturulmuştur. Diğer tüm kriterlerde yer alan sorular da benzer şekilde firmalara yöneltilmek üzere hazırlanarak aşağıda belirtilmiştir.

A. Üretim ve Malzeme Maliyetinin Satış Fiyatına Oranı

- A1. Bu süreçle birlikte arttı.
- A2. Herhangi bir değişiklik olmadı.
- A3. Bu süreçle birlikte azaldı.

B. Hatasız Üretim veya Hata Oranı Düşük Üretim

- B1. Hatasız veya hata oranı düşük üretim miktarında azalış gözlemlendi.
- B2. Hatasız veya hata oranı düşük üretim miktarının değişmedi.
- B3. Hatasız veya hata oranı düşük üretim miktarında artış gözlemlendi.

C. Personel Eğitimi

- C1. Personele yönelik eğitimlerimizde azalış oldu.
- C2. Rutin olarak yapılan eğitimler gerçekleşti, bir değişiklik olmadı.
- C3. Personele yönelik eğitimlerimizde artış oldu.

D. Hammadde, Yarı Mamul ve Mamullerin Tedarik ve Sevkiyat Süresi

- D1. Tedarik ve sevkiyat süresi pandemi öncesine göre arttı.
- D2. Tedarik ve sevkiyat süresi pandemi öncesine göre değişmedi.
- D3. Tedarik ve sevkiyat süresi pandemi öncesine göre azaldı.

E. Tedarik Edilen Hammadde, Yarı Mamul ve Mamullerin Kalitesi

- E1. Tedarik edilen malzemelerin kalitesinde pandemi öncesine göre azalış gözlemlendi.
- E2. Tedarik edilen malzemelerin kalitesinde pandemiyle birlikte değişiklik gözlemlenmedi.
- E3. Tedarik edilen malzemelerin kalitesinde pandemi öncesine göre artış gözlemlendi.

F. Üretim Sürecinde Kullanılan Ekipman/Cihaz Bakımı ve Onarımı

- F1. Pandemiye bağlı olarak bakım ve onarım süreleri uzadı.
- F2. Pandemiye bağlı olarak bakım ve onarım süreleri değişmedi.

F3. .Pandemiye bağlı olarak bakım ve onarım süreleri kısaldı.

#### G. Geri Bidirim

G1. Son kullanıcıdan ürünlere yönelik geri bildirim alınması zorlaştı.

G2. Son kullanıcıdan ürünlere yönelik geri bildirim alınması değişmedi.

G3. Son kullanıcıdan ürünlere yönelik geri bildirim alınması kolaylaştı.

#### H. Pandemi ile Uygulanan Devlet Politikaları (Kısa Çalışma, Vergi Muafiyetleri, İşçi Çıkarma Yasağı vs.)

H1. Uygulanan devlet politikalarının bu sürece olumsuz yönde bir etkisi oldu.

H2. Uygulanan devlet politikalarının bu sürece bir etkisi olmadı.

H3. Uygulanan devlet politikalarının bu sürece olumlu yönde bir etkisi oldu.

#### İ. Reklam ve Pazarlama İmkânlarına Ulaşılması

İ1. Ürün tanıtımları için ortamlarımızda ve imkânlarımızda azalış gözlemlendi.

İ2. Ürün tanıtımları için ortamlarımızda herhangi bir değişiklik olmadı.

İ3. Ürün tanıtımları için ortamlarımızda ve imkânlarımızda artış gözlemlendi.

#### J. Pazar Alanı

J1. Bu sürece bağlı olarak pazar alanımız küçüldü/daraldı.

J2. Bu sürece bağlı olarak pazar alanımızda herhangi bir değişiklik olmadı.

J3. Bu sürece bağlı olarak pazar alanımız büyüdü/genişledi.

Soruların hazırlanmasından sonra, karar verici olarak 6 firmaya bu soru listesi iletilmiştir. Firmalardan talep edilen, “Pandemi sürecinde, firmanızda hangisi gerçekleşmiştir?” sorusunun karşılığı olacak şekilde cevap vermeleri ZAPROS uygulaması için istenmiştir.

Belirlenen tüm kriterlerin ZAPROS metodunda kullanılması, hatalı sonuca ulaşılmasına sebep olabileceği öngörüsüyle, ilk olarak firmalar için en önemli kriterleri belirlemek amacıyla, firmalara 1-9 ölçeği (1:en düşük, 9:en yüksek) ile kriterlerin bulunduğu soruları ağırlıklandırmaları istenmiştir.

Alınan cevaplar ve değerler ile ilgili işlemler, firmalardan alınan değerler ve uygulanan yöntemler ile birlikte, Problemimize Yönelik Entropi ve ABC Yöntemlerinin Uygulaması bölümünde anlatılacaktır.

### **3.3.2. Probleme yönelik Entropi ve ABC yöntemlerinin uygulaması**

1.Adım: Karar Matrisi Oluşturulması:

Karar Verici olarak belirlenen 6 firmadan, kriterler için 1-9 aralığında (1:en düşük; 9:en yüksek), kriterlerin önem derecesine göre bir değer atamaları istenmiştir. Firma cevapları/değerlendirmeleri Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1’de yer alan KV1, KV2, KV3, KV4, KV5 ve KV6 6 adet firmayı temsil etmektedir. Her firmanın kriterlere atadığı değer her kriterin ait olduğu sütunda belirtilmiştir. Tablo 3.1’deki değerler ABC analizinde kullanılacaktır. Böylece kriterlerin firmalara göre önem derecesi sıralanacaktır.

Tablo 3.1. Karar matrisi için alınan değerler tablosu

| KARAR MATRİSİ İÇİN ALINAN DEĞERLER |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <i>Kriterler</i>                   | <b>A</b> | <b>B</b> | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> | <b>F</b> | <b>G</b> | <b>H</b> | <b>I</b> | <b>J</b> |
| <i>Alternatifler</i>               |          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| <i>KV1</i>                         | 9        | 9        | 7        | 8        | 9        | 9        | 7        | 7        | 8        | 9        |
| <i>KV2</i>                         | 7        | 9        | 7        | 5        | 7        | 6        | 8        | 6        | 6        | 8        |
| <i>KV3</i>                         | 8        | 9        | 9        | 9        | 9        | 9        | 9        | 5        | 8        | 9        |
| <i>KV4</i>                         | 9        | 9        | 9        | 7        | 9        | 8        | 8        | 6        | 8        | 9        |
| <i>KV5</i>                         | 8        | 8        | 8        | 9        | 9        | 9        | 9        | 5        | 7        | 8        |
| <i>KV6</i>                         | 8        | 9        | 5        | 9        | 9        | 9        | 9        | 3        | 7        | 9        |
| <i>Toplam</i>                      | 49       | 53       | 45       | 47       | 52       | 50       | 50       | 32       | 44       | 52       |

Tablo 3.1’de yer alan değerler ile oluşturulan 6x10’luk  $X$  matrisi şu şekildedir:

$$X = \begin{bmatrix} 9 & 9 & 7 & 8 & 9 & 9 & 7 & 7 & 8 & 9 \\ 7 & 9 & 7 & 5 & 7 & 6 & 8 & 6 & 6 & 8 \\ 8 & 9 & 9 & 9 & 9 & 9 & 9 & 5 & 8 & 9 \\ 9 & 9 & 9 & 7 & 9 & 8 & 8 & 6 & 8 & 9 \\ 8 & 8 & 8 & 9 & 9 & 9 & 9 & 5 & 7 & 8 \\ 8 & 9 & 5 & 9 & 9 & 9 & 9 & 3 & 7 & 9 \end{bmatrix}$$

2.Adım: Normalize Edilmiş Karar Matrisinin Oluşturulması:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (2.2)$$

$i$ : karar vericiler;  $j$ : kriter;  $r_{ij}$  = normalize edilmiş değerler;

$x_{ij}$  =  $i$ . karar vericinin  $j$ . kritere göre atadığı skor



Karar matrisindeki değerlerin (2.2)'de belirtilen formül kullanılarak normalizasyonu yapılmış ve Normalize Karar Matirisi,  $R = [r_{ij}]_{m \times n}$  oluşturarak ve elde edilen değerler Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Normalize karar matrisi için hesaplanan değer tablosu

| <b>NORMALİZE KARAR MATRİSİ İÇİN HESAPLANAN DEĞERLER</b> |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>Kriterler</i>  | <b>A</b>    | <b>B</b>    | <b>C</b>    | <b>D</b>    | <b>E</b>    | <b>F</b>    | <b>G</b>    | <b>H</b>    | <b>I</b>    | <b>J</b>    |
| <i>Alternatifler</i>                                    |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
| <b><i>KV1</i></b>                                       | 0,183673469 | 0,169811321 | 0,155555556 | 0,166666667 | 0,173076923 | 0,180000000 | 0,140000000 | 0,218750000 | 0,181818182 | 0,173076923 |
| <b><i>KV2</i></b>                                       | 0,142857143 | 0,169811321 | 0,155555556 | 0,104166667 | 0,134615385 | 0,120000000 | 0,160000000 | 0,187500000 | 0,136363636 | 0,153846154 |
| <b><i>KV3</i></b>                                       | 0,163265306 | 0,169811321 | 0,200000000 | 0,187500000 | 0,173076923 | 0,180000000 | 0,180000000 | 0,156250000 | 0,181818182 | 0,173076923 |
| <b><i>KV4</i></b>                                       | 0,183673469 | 0,169811321 | 0,200000000 | 0,145833333 | 0,173076923 | 0,160000000 | 0,160000000 | 0,187500000 | 0,181818182 | 0,173076923 |
| <b><i>KV5</i></b>                                       | 0,163265306 | 0,150943396 | 0,177777778 | 0,187500000 | 0,173076923 | 0,180000000 | 0,180000000 | 0,156250000 | 0,159090909 | 0,153846154 |
| <b><i>KV6</i></b>                                       | 0,163265306 | 0,169811321 | 0,111111111 | 0,187500000 | 0,173076923 | 0,180000000 | 0,180000000 | 0,093750000 | 0,159090909 | 0,173076923 |
| <b><i>Toplam</i></b>                                    | 0,183673469 | 0,169811321 | 0,155555556 | 0,166666667 | 0,173076923 | 0,180000000 | 0,140000000 | 0,218750000 | 0,181818182 | 0,173076923 |

$X$  matrisinin normalize edilmesiyle elde edilen ve Tablo 3.2’de yer alan değerler kullanılarak  $R = [r_{ij}]_{6 \times 10}$  oluşturulmuştur.

Oluşturulan Normalize Karar Matrisi aşağıda görülmektedir:

$$R = \begin{bmatrix} 0,183673469 & 0,169811321 & 0,169811321 & 0,166666667 & 0,173076923 & 0,180000000 & 0,140000000 & 0,218750000 & 0,181818182 & 0,173076923 \\ 0,142857143 & 0,169811321 & 0,155555556 & 0,104166667 & 0,134615385 & 0,120000000 & 0,160000000 & 0,187500000 & 0,136363636 & 0,153846154 \\ 0,163265306 & 0,169811321 & 0,200000000 & 0,187500000 & 0,173076923 & 0,180000000 & 0,180000000 & 0,156250000 & 0,181818182 & 0,173076923 \\ 0,183673469 & 0,169811321 & 0,200000000 & 0,145833333 & 0,173076923 & 0,160000000 & 0,160000000 & 0,187500000 & 0,181818182 & 0,173076923 \\ 0,163265306 & 0,150943396 & 0,177777778 & 0,187500000 & 0,173076923 & 0,180000000 & 0,180000000 & 0,156250000 & 0,159090909 & 0,153846154 \\ 0,163265306 & 0,169811321 & 0,111111111 & 0,187500000 & 0,173076923 & 0,180000000 & 0,180000000 & 0,093750000 & 0,159090909 & 0,173076923 \end{bmatrix}$$

### 3. Adım: Kriterler için Entropi Değerlerinin Eldesi

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \cdot \ln(r_{ij}) \quad (2.3)$$

$$i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n ; k(\text{entropi katsayısı}) = (\ln(m))^{-1}$$

$r_{ij}$ : normalize edilmiş değerler

$e_j$ : entropi değeri

Oluşturulmuş normalize karar matrisi değerlerinden kriterlerin entropi değerleri ( $e_j$ ) hesaplanmıştır. Entropi katsayısı ( $k$ ), eşitlik (2.3) kullanılarak hesaplanmıştır. “ $m$ ” değeri kriterlerin sayısını ifade etmektedir. Yapılan uygulamada karar verici olarak belirlenen firmalar, kriterlere karşılık gelmektedir. Firma sayısı 6 olduğu için kriterlerin sayısı, yani  $m$  değeri, 6 olarak belirlenmiş ve hesaplanması “ $k$ ” entropi sayısının değerinin hesaplanması aşağıda gösterilmiştir:

$$k = \text{entropi katsayısı} = (\ln(m))^{-1}; m = 6;$$

$$k = 0,558110627$$

Entropi kat sayısının hesaplanmasından sonra, tüm kriterlerin entropi değerleri, kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplama sonucunda tüm kriter için elde edilmiş entropi değerleri ( $e_j$ ) Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3. Kriterlere ait entropi değerleri

| <b>KRİTERLERE AİT ENTROPİ DEĞERLERİ (<math>e_j</math>)</b> |                         |
|--|-------------------------|
| <b>Kriterler</b>   | <b><math>e_j</math></b> |
| A  | 0,998006408             |
| B  | 0,999490132             |
| C  | 0,990017628             |
| D  | 0,980382835             |
| E  | 0,997818044             |
| F  | 0,994720306             |
| G  | 0,997719309             |
| H  | 0,983510364             |
| I  | 0,997044948             |
| J  | 0,999163172             |

4.Adım: Entropi Kriter Ağırlığı Hesaplaması:

$$w_j = \frac{e_j}{\sum_{i=1}^n (e_j)} \quad (2.4)$$

Eşitlik (2.4) kullanılarak Tablo 3.3'te yer alan  $e_j$  değerleri ile kriterlere ait entropi ağırlıkları ( $w_j$ ) hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Kriterlere ait entropi ağırlık değerleri

| <b>KRİTERLERE AİT ENTROPİ AĞIRLIK DEĞERLERİ (<math>w_j</math>)</b> |                         |
|--|-------------------------|
| <b>Kriterler</b>   | <b><math>w_j</math></b> |
| A  | 0,100424547             |
| B  | 0,100573847             |
| C  | 0,099620675             |
| D  | 0,098651172             |
| E  | 0,100405593             |
| F  | 0,100093882             |
| G  | 0,100395658             |
| H  | 0,098965880             |
| I  | 0,100327800             |
| J  | 0,100540947             |

5.Adım: ABC Analizi'nin Uygulanması:

Entropi kriter ağırlık değerlerinin ( $w_j$ ) hesaplanmasından sonra ABC analizi uygulanmıştır.

ABC analizinde ilk olarak, elde edilen entropi kriter ağırlıkları büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Her bir kriter için elde edilmiş olan  $w_j$  değerleri,  $w_j$  değerlerinin toplamına bölünmüştür. (Eşitlik 3.1).

$$\frac{w_j}{\sum_j^n w_j} \quad (3.1)$$

Elde edilen değerlerin yüzdeleri hesaplanarak, % kümülatif toplamlar elde edilmiştir. Bunun sonucunda, kriterlerin %70, %20 ve %10'luk dağılımları belirlenmiş ve bu dağılımlara karşılık gelen A,B ve C değerleri tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre, B, J, A, E, G, I ve F kriterleri A olarak, C ve H kriterleri B olarak, D kriteri ise C olarak belirlenmiştir (Tablo 3.5).

Tablo 3.5. ABC analiz değerleri tablosu

| ABC ANALİZ DEğERLERİ |                                      |                            |                 |                   |               |
|----------------------|--------------------------------------|----------------------------|-----------------|-------------------|---------------|
| Kriterler            | Entropi Kriter Ağırlıkları ( $w_j$ ) | $\frac{w_j}{\sum_j^n w_j}$ | %               | %Kümülatif Toplam | ABC Eşleşmesi |
| <b>B</b>             | 0,100573846828                       | 0,1005738468280            | 10,05738468280% | 10,057384682798%  | A             |
| <b>J</b>             | 0,100540946503                       | 0,1005409465030            | 10,05409465030% | 20,111479333103%  | A             |
| <b>A</b>             | 0,100424546929                       | 0,1004245469286            | 10,04245469286% | 30,153934025961%  | A             |
| <b>E</b>             | 0,100405592805                       | 0,1004055928046            | 10,04055928046% | 40,194493306418%  | A             |
| <b>G</b>             | 0,100395657533                       | 0,1003956575333            | 10,03956575333% | 50,234059059743%  | A             |
| <b>I</b>             | 0,100327799871                       | 0,1003277998711            | 10,03277998711% | 60,266839046858%  | A             |
| <b>F</b>             | 0,100093882362                       | 0,1000938823618            | 10,00938823618% | 70,276227283035%  | A             |
| <b>C</b>             | 0,099620674688                       | 0,0996206746878            | 9,96206746878%  | 80,238294751814%  | B             |
| <b>H</b>             | 0,098965880239                       | 0,0989658802391            | 9,89658802391%  | 90,134882775719%  | B             |
| <b>D</b>             | 0,098651172243                       | 0,0986511722428            | 9,86511722428%  | 100,000000000000% | C             |
| <b>TOPLAM</b>        | 1                                    |                            |                 |                   |               |

ABC analiz sonuçları değerlendirildiğinde, soru listesinde yer alan C, H, D kriterleri “B” ve “C” olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi, bu kriterlerin karar vericilerin değerlendirmesine göre, diğer kriterler ile karşılaştırıldığında etkilerinin daha düşük olmasıdır. Bu sonuca göre, C,H ve D kriterleri ZAPROS-LM yönteminde değerlendirilmeye alınmayacaktır.

Böylece ZAPROS-LM yöntemi ile değerlendirilecek olan kriter sayısı 7 olarak belirlenmiştir. Bu kriterler “A, B, E, F, G, I, J”dir.

#### 6. Adım: ZAPROS’un Kriterlere Uygulanması:

ZAPROS uygulamasında kullanılacak A, B, E, F, G, I ve J kriterlerinin kıyaslaması yapılırken ikili kombinasyonlarda firmalardan alınan bu ağırlıklar ile işlem gerçekleştirilecektir. Bu durum çalışmada, firmaları karar verici konumlandırmak içindir. Bu amaçla, bir karar verici firmadan kriter şıklarının ölçeklendirilmesi için “mevcut durumun olası değerlendirmesine göre kriterlerin ölçeklerini ağırlıklandırır mısınız?” şeklinde soru yöneltilmiştir.

Kriterlerin şıklarına yönelik Karar Verici firmadan alınan ağırlık değerleri Tablo 3.6’de verilmiştir.

Tablo 3.6. Kriter ölçeklerinin ağırlık değerleri

| Kriter Ölçeklerinin Ağırlık Değerleri (1-9 Aralığında) |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |    |   |
|--|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|----|---|
| A  |   | B  |   | E  |   | F  |   | G  |   | I  |   | J  |   |
| A1   | 9 | B1 | 9 | E1 | 8 | F1 | 6 | G1 | 7 | I1 | 6 | J1 | 8 |
| A2   | 7 | B2 | 8 | E2 | 7 | F2 | 5 | G2 | 6 | I2 | 5 | J2 | 8 |
| A3   | 5 | B3 | 6 | E3 | 6 | F3 | 4 | G3 | 5 | I3 | 4 | J3 | 6 |

Bu her bir kriter ölçeğinin, o kriterin entropi ağırlık değeri ile çarpılması sonucunda, her bir kriter ölçeği için bir ağırlık değeri elde edilmiştir. Örneğin; entropi ile elde edilmiş olan A kriteri için elde edilen entropi ağırlık değeri;

$$w_A = 0,100424547 \text{ 'dir.}$$

Entropi ağırlık değeri ile o kriter ölçeğine ait ağırlık değeri çarpılarak aşağıda gösterildiği gibi,

$$w_A \times (A1) = 0,100424547 \times 9 = 0,903820922$$

Kriter ölçeklerine ait ağırlık değerleri elde edilmiş ve tüm kriterler için elde edilen sonuçlar Tablo 3.7’de verilmiştir.

Ölçeklerin ağırlıklandırmaları hesaplandıktan sonra (Tablo 3.6), 6 firmadan alınan kriter (A, B, E, F, G, I, J) ağırlıkları kullanılarak Tablo 3.7 oluşturulmuştur.

Tablo 3.7. Entropi ağırlıkları ( $w_j$ ) ile şıkların ağırlıklarının çarpılması sonucu elde edilen değerler

| <b>A</b>  |             | <b>B</b>  |             | <b>E</b>  |             | <b>F</b>  |             | <b>G</b>  |             | <b>I</b>  |             | <b>J</b>  |             |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| <b>A1</b> | 0,903820922 | <b>B1</b> | 0,905164621 | <b>E1</b> | 0,803244742 | <b>F1</b> | 0,600563294 | <b>G1</b> | 0,702769603 | <b>I1</b> | 0,601966799 | <b>J1</b> | 0,804327572 |
| <b>A2</b> | 0,702971829 | <b>B2</b> | 0,804590775 | <b>E2</b> | 0,702839150 | <b>F2</b> | 0,500469412 | <b>G2</b> | 0,602373945 | <b>I2</b> | 0,501638999 | <b>J2</b> | 0,804327572 |
| <b>A3</b> | 0,502122735 | <b>B3</b> | 0,603443081 | <b>E3</b> | 0,602433557 | <b>F3</b> | 0,400375529 | <b>G3</b> | 0,501978288 | <b>I3</b> | 0,401311199 | <b>J3</b> | 0,603245679 |



#### 8.Adım: İki kriter için ortak sıra ölçeğinin (JOS) oluşturulması

İkili olarak alternatif sıra ölçeği oluşturulması işlemi, kriter ölçeklerinin ağırlıklandırmaları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

A ve B kriterlerine ait kombinasyon çiftleri oluşturulmuştur. Bu çiftler için ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Bu amaçla Tablo 3.7'deki veriler kullanılmıştır. A ve B alternatif çiftleri için ağırlık değerleri hesaplaması aşağıda gösterilmiş ve sonuçlar tablo olarak verilmiştir (Tablo 3.8).

$$A1 + B1 = 0,903820922 + 0,905164621 = 1,808985543$$

$$A1 + B2 = 0,903820922 + 0,804590775 = 1,708411697$$

$$A2 + B1 = 0,702971829 + 0,905164621 = 1,608136450$$

$$A3 + B1 = 0,502122735 + 0,905164621 = 1,407287356$$

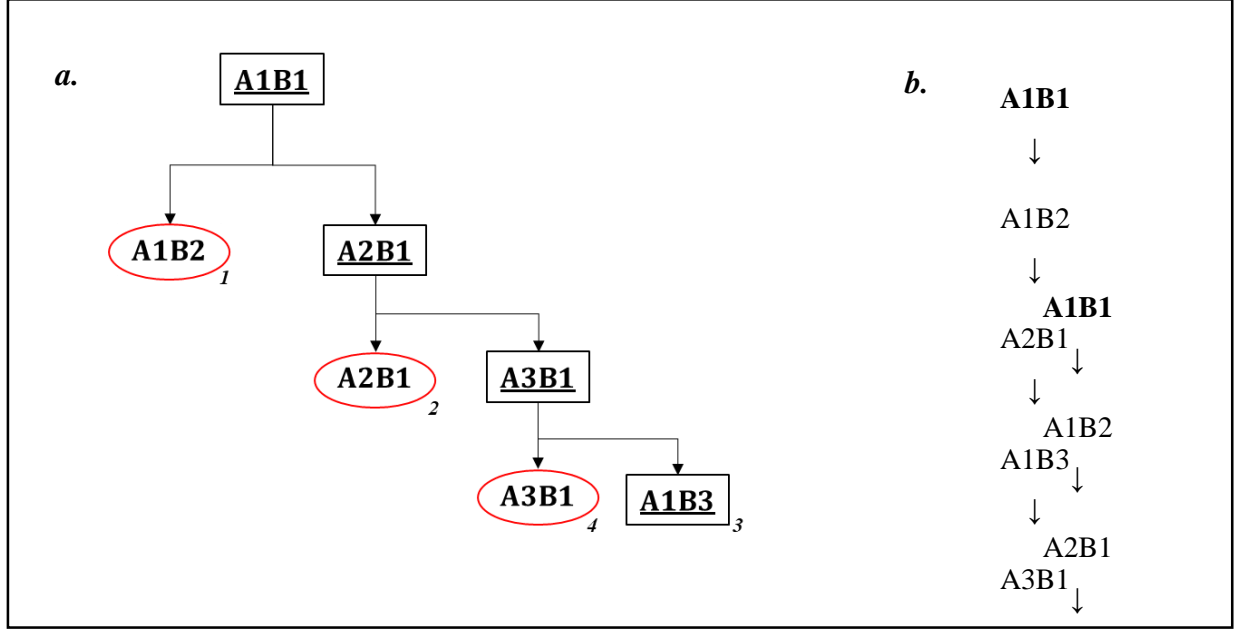
$$A1 + B3 = 0,903820922 + 0,603443081 = 1,507264003$$

Tablo 3.8. A ve B kriterleri için kombinasyon-ağırlık değeri tablosu

| Alternatifler | Ağırlık Değeri |
|---------------|----------------|
| A1B1          | 1,808985544    |
| A1B2          | 1,708411697    |
| A2B1          | 1,608136450    |
| A3B1          | 1,407287356    |
| A1B3          | 1,507264003    |

Tablo 3.8'deki kriter alternatiflerinin karşılaştırmaları, Şekil 3.4a'da verilmiştir. A1B1 en olası değer olarak atandığı için ağırlık değeri en büyük olup, kıyaslamaya dahil edilmemektedir. Sonrasında, A1B2 ile A2B1 alternatifleri Tablo 3.8 kullanılarak kıyaslanmış ve A1B2'nin ağırlığının, A2B1'e göre yüksek olduğu belirlenmiştir. Bundan sonra karşılaştırmaya, ağırlığı düşük olanla devam edilmiştir. A2B1 ile A3B1 kombinasyonu karşılaştırıldığında, A2B1'in A3B1'e göre daha yüksek ağırlıklandırma değerine sahip olduğu görülmüştür. Buna göre, kıyaslamaya A3B1 ile devam edilmiştir. A3B1 ile A1B3 ağırlıklandırma kıyasına bakıldığında

ise, A1B3'ün A3B1'e göre yüksek ağırlık değerine sahip olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, Şekil 3.4b'de verilen tercih sıralaması elde edilmiştir.



Şekil 3.4. Kombinasyonların karşılaştırma şeması ve tercih sıralaması

Benzer şekilde tüm kriterlerin ikili alternatifleri için ağırlık değerleri hesaplanmış ve sonuçta tercih sıralaması belirlenmiştir.

A kriterinin diğer B, E, F, G, I, J kriterleri ile oluşturduğu alternatiflerinin ağırlık değerleri Tablo 3.9'da B kriterinin diğer E, F, G, I, J, kriterleri ile oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri Tablo 3.10'da verilmiştir. Benzer şekilde E kriterinin diğer F, G, I, J kriterleri ile oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri 3.11'de, F kriterinin diğer G, I, J kriterleri ile oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri 3.12'de, G kriterinin diğer I, J kriterleri ile oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri 3.13'de ve son olarak I kriterinin J kriteri ile oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri 3.14'de verilmiştir.

Tablo 3.9. A kriteri ile diğer kriterlerin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri

| A ve B        |                | A ve E        |                | A ve F        |                | A ve G        |                | A ve I        |                | A ve J        |                |
|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri |
| A1B1          | 1,808985544    | A1E1          | 1,707065665    | A1F1          | 1,504384217    | A1G1          | 1,606590525    | A1I1          | 1,505787722    | A1J1          | 1,708148494    |
| A1B2          | 1,708411697    | A1E2          | 1,606660072    | A1F2          | 1,404290334    | A1G2          | 1,506194868    | A1I2          | 1,405459922    | A1J2          | 1,708148494    |
| A2B1          | 1,608136450    | A2E1          | 1,506216571    | A2F1          | 1,303535123    | A2G1          | 1,405741431    | A2I1          | 1,304938628    | A2J1          | 1,507299401    |
| A3B1          | 1,407287356    | A3E1          | 1,305367477    | A3F1          | 1,102686029    | A3G1          | 1,204892337    | A3I1          | 1,104089534    | A3J1          | 1,306450307    |
| A1B3          | 1,507264003    | A1E3          | 1,506254479    | A1F3          | 1,304196452    | A1G3          | 1,405799210    | A1I3          | 1,305132122    | A1J3          | 1,507066601    |

61

Tablo 3.10. B kriteri ile diğer kriterlerin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri

| B ve E        |                | B ve F        |                | B ve G        |                | B ve I        |                | B ve J        |                |
|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri |
| B1E1          | 1,708409364    | B1F1          | 1,505727916    | B1G1          | 1,607934224    | B1I1          | 1,507131421    | B1J1          | 1,709492193    |
| B1E2          | 1,608003771    | B1F2          | 1,405634033    | B1G2          | 1,507538567    | B1I2          | 1,406803621    | B1J2          | 1,709492193    |
| B2E1          | 1,607835517    | B2F1          | 1,405154069    | B2G1          | 1,507360377    | B2I1          | 1,406557574    | B2J1          | 1,608918347    |
| B3E1          | 1,406687823    | B3F1          | 1,204006375    | B3G1          | 1,306212684    | B3I1          | 1,205409880    | B3J1          | 1,407770653    |
| B1E3          | 1,507598178    | B1F3          | 1,305540151    | B1G3          | 1,407142909    | B1I3          | 1,306475821    | B1J3          | 1,508410300    |

Tablo 3.11. E kriteri ile diğer kriterlerin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri

| E ve F        |                | E ve G        |                | E ve I        |                | E ve J        |                |
|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri |
| E1F1          | 1,403808037    | E1G1          | 1,506014345    | E1I1          | 1,405211542    | E1J1          | 1,607572314    |
| E1F2          | 1,303714154    | E1G2          | 1,405618688    | E1I2          | 1,304883742    | E1J2          | 1,607572314    |
| E2F1          | 1,303402444    | E2G1          | 1,405608752    | E2I1          | 1,304805949    | E2J1          | 1,507166722    |
| E3F1          | 1,202996851    | E3G1          | 1,305203160    | E3I1          | 1,204400356    | E3J1          | 1,406761129    |
| E1F3          | 1,203620272    | E1G3          | 1,305223030    | E1I3          | 1,204555942    | E1J3          | 1,406490421    |

62

Tablo 3.12. F kriteri ile diğer kriterlerin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri

| F ve G        |                | F ve I        |                | F ve J        |                |
|---------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|
| Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri | Alternatifler | Ağırlık Değeri |
| F1G1          | 1,303332897    | F1I1          | 1,202530093    | F1J1          | 1,404890866    |
| F1G2          | 1,202937239    | F1I2          | 1,102202294    | F1J2          | 1,404890866    |
| F2G1          | 1,203239015    | F2I1          | 1,102436211    | F2J1          | 1,304796984    |
| F3G1          | 1,103145132    | F3I1          | 1,002342329    | F3J1          | 1,204703101    |
| F1G3          | 1,102541582    | F1I3          | 1,001874494    | F1J3          | 1,203808973    |

Tablo 3.13. G kriteri ile diğer kriterlerin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri

| <b>G ve I</b>        |                       | <b>G ve J</b>        |                       |
|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|
| <b>Alternatifler</b> | <b>Ağırlık Değeri</b> | <b>Alternatifler</b> | <b>Ağırlık Değeri</b> |
| G1I1                 | 1,304736402           | G1J1                 | 1,507097175           |
| G1I2                 | 1,204408602           | G1J2                 | 1,507097175           |
| G2I1                 | 1,204340744           | G2J1                 | 1,406701517           |
| G3I1                 | 1,103945087           | G3J1                 | 1,306305860           |
| G1I3                 | 1,104080802           | G1J3                 | 1,306015282           |

Tablo 3.14. I ve J kriterlerinin oluşturduğu alternatiflerin ağırlık değerleri

| <b>I ve J</b>        |                       |
|----------------------|-----------------------|
| <b>Alternatifler</b> | <b>Ağırlık Değeri</b> |
| I1J1                 | 1,406294371           |
| I1J2                 | 1,406294371           |
| I2J1                 | 1,305966571           |
| I3J1                 | 1,205638772           |
| I1J3                 | 1,205212478           |

9.Adım: Bütün Kriterler için Ortak Sıra Ölçeği(JOS) Belirlenmesi:

İkili kriter alternatiflerindeki değerler ile karşılaştırmalar gerçekleştirilmiş, ZAPROS-LM soru ve yönergelerinin uygulanması sonucunda aşağıdaki sıralamalar oluşturulmuştur ve Tablo 3.15’de verilmiştir.

Tablo 3.15. Kriterlerin ikili alternatiflerinin karşılaştırması

| A1B1      | A1E1      | A1F1      | A1G1      | A1I1      | A1J1      | B1E1      | B1F1      | B1G1      | B1I1      | B1J1      | E1F1      | E1G1      | E1I1      | E1J1      | F1G1      | F1I1      | F1J1      | G1I1      | G1J1      | I1J1      |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         |
| <b>B2</b> | <b>E2</b> | <b>F2</b> | <b>G2</b> | <b>I2</b> | <b>J2</b> | <b>E2</b> | <b>F2</b> | <b>G2</b> | <b>I2</b> | <b>J2</b> | <b>F2</b> | <b>G2</b> | <b>I2</b> | <b>J2</b> | <b>F2</b> | <b>F2</b> | <b>J2</b> | <b>I2</b> | <b>J2</b> | <b>J2</b> |
| ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         |
| <b>A2</b> | <b>A2</b> | <b>A2</b> | <b>A2</b> | <b>A2</b> | <b>A2</b> | <b>B2</b> | <b>B2</b> | <b>B2</b> | <b>B2</b> | <b>B2</b> | <b>E2</b> | <b>E2</b> | <b>E2</b> | <b>E2</b> | <b>G2</b> | <b>I2</b> | <b>F2</b> | <b>G2</b> | <b>G2</b> | <b>I2</b> |
| ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         |
| <b>B3</b> | <b>E3</b> | <b>F3</b> | <b>G3</b> | <b>I3</b> | <b>J3</b> | <b>E3</b> | <b>F3</b> | <b>G3</b> | <b>I3</b> | <b>J3</b> | <b>F3</b> | <b>G3</b> | <b>I3</b> | <b>E3</b> | <b>F3</b> | <b>F3</b> | <b>F3</b> | <b>I3</b> | <b>G3</b> | <b>I3</b> |
| ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         | ↓         |
| <b>A3</b> | <b>A3</b> | <b>A3</b> | <b>A3</b> | <b>A3</b> | <b>A3</b> | <b>B3</b> | <b>B3</b> | <b>B3</b> | <b>B3</b> | <b>B3</b> | <b>E3</b> | <b>E3</b> | <b>E3</b> | <b>J3</b> | <b>G3</b> | <b>I3</b> | <b>J3</b> | <b>G3</b> | <b>J3</b> | <b>J3</b> |

Tablo 3.15'e göre, bütün kriterler için oluşturulacak Ortak Sıra Ölçeği (JOS)'a geçiş yapılmıştır. Bu amaçla Tablo 3.15'de kriterler bulunduğu sırada yer alması ve bir sonraki sırada yer almamasına göre değerlendirilmiştir.

A1B1 satırından sonraki B2 ile başlayan satır 1.satır, A2 ile başlayan satır 2.satır, B3 ile başlayan satır 3.satır, A3 ile başlayan satır ise 4.satırdır.

Kıyaslama yaparken, 1.satıra bakıldığında görülen kriter ölçeklerinden, J2 dışında olanlar 2. satırda da yer almaktadır. Bu durumda J2 sıralamada öncelikli olarak değerlendirilir. Buna göre en olası olarak belirlenen referans noktası A1B1E1F1G1I1J1 alternatifinden sonraki durum, A1B1E1F1G1I1J2 olmaktadır. Benzer şekilde devam edildiğinde, 3.sırada 2.sırada yer alan hiçbir kriter olmadığı için 1.sıra kullanılarak değerlendirme yapılmıştır. 1.sırada yer alan kriter alternatiflerinden F2'nin 5 kez tercih edildiği, I2'nin 4 kez tercih edildiği, G2'nin 3 kez tercih edildiği, E2'nin 2 kez tercih edildiği, B2'nin ise ilk sırada yalnızca 1 kez tercih edildiği görülmüştür. Bu duruma göre öncelik sırası F2, I2, G2, E2 ve B2'dir. İlk sırada hiç tercih edilmeyen A2 ölçeği ise 2.sırada tercih edilmiş ve ağırlıklandırma olarak B2'den sonra değerlendirilmiştir.

3.sıraya bakıldığında ise, F3 ölçeğinin 4.sırada yer almadığı görülmektedir. Bu durumda A2'nin ardından sıralamada yer alacak alternatif F3'e sahip olan alternatif değeri olacaktır. 3.sıradan devam edildiğinde, 5 kez I3'ün tercih edildiği, 4 kez G3'ün tercih edildiği, 3 kez E3'ün tercih edildiği, 2 kez J3'ün tercih edildiği, 1 kez B3'ün tercih edildiği görülmektedir. Öncelik sırası tercih sayısına göre bağlı olarak I3, G3, E3, J3, B3 olmuştur. 3.sırada tercih edilmeyen en son sırada ise A3 yer alması sebebiyle tüm alternatiflerin en sonunda, A3'ün yer aldığı alternatif yer alacaktır.

Sonuçta en olası/beklenen durumdan, en beklenmeyen durumlara doğru oluşturulmuş kriter alternatifleri elde edilmiştir. Sıralama şu şekildedir:

A1B1E1F1G1I1J1→ A1B1E1F1G1I1J2→ A1B1E1F2G1I1J1→ A1B1E1F1G1I2J1→  
A1B1E1F1G2I1J1→ A1B1E2F1G1I1J1→ A1B2E1F1G1I1J1→ A2B1E1F1G1I1J1→  
A1B1E1F3G1I1J1→ A1B1E1F1G1I3J1→ A1B1E1F1G3I1J1→ A1B1E3F1G1I1J1→  
A1B1E1F1G1I1J3→ A1B3E1F1G1I1J1→ A3B1E1F1G1I1J1

Bu sıralamaların, kısaltıldığı gösterimi şu şekildedir:

A1B1E1F1G1I1J1 → J2 → F2 → I2 → G2 → E2 → B2 → A2 → F3 → I3 → G3 → E3 → J3 → B3 → A3

#### 10. Adım: Firmalardan Alınan Cevapların Değerlendirmesi

Örneğin, KV1 firmasına “A. Üretim ve Malzeme Maliyetinin Satış Fiyatına Oranı mevcut durumda nasıl değişti?” sorusu yöneltilmiş, “A1. Bu süreçle birlikte azaldı.” cevabı alınmıştır. 7 soru her firmaya bu şekilde yöneltilmiş ve cevapları alınmıştır. Bu cevaplarla oluşturulmuş olan sıralamalar aşağıdaki şekilde oluşmuştur.

Firmalardan alınmış hazırlanan soru listesi için her firmadan alınan cevaplar ile kriterlerin 6 ayrı alternatif sıralaması oluşturulmuştur. Cevaplar Tablo 3.16’da görülmektedir.

Tablo 3.16. Firmaların soru listesine verdikleri cevapları

| Kriterler | Firma1 | Firma2 | Firma3 | Firma4 | Firma5 | Firma6 |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A         | A1     | A1     | A1     | A3     | A1     | A1     |
| B         | B2     | B2     | B2     | B2     | B2     | B2     |
| E         | E2     | E2     | E2     | E2     | E2     | E2     |
| F         | F2     | F2     | F2     | F2     | F2     | F1     |
| G         | G1     | G2     | G1     | G2     | G2     | G2     |
| I         | I1     | I1     | I1     | I2     | I1     | I1     |
| J         | J1     | J2     | J1     | J2     | J1     | J2     |

#### 3.4. ZAPROS Uygulamasının Değerlendirmesi

Firmalardan alınan cevaplarla oluşturulmuş olan kriter sıralamalarına bakıldığında, “A. Üretim ve Malzeme Maliyetinin Satış Fiyatına Oranı mevcut durumda nasıl değişti?” sorusuna karşılık olarak “A1. Bu süreçle birlikte arttı.” cevabının baskın olduğu ve 6 firmadan 5’inin soruyu bu şekilde cevapladığı görülmüştür. Bir firmanın “A3. Bu süreçle birlikte azaldı.” cevabını verdiği görülmüştür.

“B. Hatasız Üretim veya Hata Oranı Düşük Üretim mevcut durumda nasıl değişti?” sorusuna karşılık tüm firmaların “B2. Hatasız veya hata oranı düşük üretim miktarının değişmedi.” cevabını verdiği görülmüştür.



“E. Tedarik Edilen Hammadde, Yarı Mamul ve Mamullerin Kalitesi mevcut durumda nasıl değişti?” sorusunda cevap olarak, tüm firmaların “E2. Tedarik edilen malzemelerin kalitesinde pandemiyle birlikte değişiklik gözlenmedi.” cevabını verdiği belirlenmiştir.

“F. Üretim Sürecinde Kullanılan Ekipman/Cihaz Bakımı ve Onarımı mevcut durumda nasıl değişti?” sorusuna verilen cevapların 6 firmadan 5’inin “F2. Pandemiye bağlı olarak bakım ve onarım süreleri değişmedi.” cevabını verdiği, bir firmanın “F1. Pandemiye bağlı olarak bakım ve onarım süreleri uzadı.” olarak cevap verdiği görülmüştür.

“G. Geri Bidirim mevcut durumda nasıl değişti?” sorusuna 4 firmanın “G2. Son kullanıcıdan ürünlere yönelik geri bildirim alınması değişmedi.”, 2 firmanın “G1. Son kullanıcıdan ürünlere yönelik geri bildirim alınması zorlaştı” olarak cevap verdiği görülmüştür.

“I. Reklam ve Pazarlama İmkânlarına Ulaşılması mevcut durumda nasıl değişti?” sorusunda 6 firmadan 5’inde “I1. Ürün tanıtımları için ortamlarımızda ve imkânlarımızda azalış gözlendi.” olarak cevap verdiği, bir firmanın “I2. Ürün tanıtımları için ortamlarımızda herhangi bir değişiklik olmadı” olarak cevap verdiği görülmüştür.

“J. Pazar Alanı mevcut durumda nasıl değişti?” sorusuna 3 firmanın “J2. Bu sürece bağlı olarak pazar alanımızda herhangi bir değişiklik olmadı.” cevabını verdiği, 3 firmanın . “J1. Bu sürece bağlı olarak pazar alanımız küçüldü/daraldı” olarak cevap verdiği görülmüştür.

Tüm bu değerlendirmelere göre, Firma1 ile Firma3’ün verdiği cevapların aynı olduğu görülmektedir. Buna göre birbiri üzerinde eş baskınlığa sahiptirler.

- F2’nin G2’ye baskın olmasından dolayı, Firma1, Firma2’ye baskındır. Buna göre, Firma3 ile Firma1 ile aynı sıralamaya sahip olması sebebiyle, Firma3 de Firma2’ye baskındır.
- F2’nin I2’ye baskın olması, E2’nin B2’ye baskın olmasından dolayı Firma1 ve Firma3, Firma4’e baskındır.
- F2’nin G2’ye baskın olması sebebiyle, Firma1 ve Firma3, Firma5’e baskındır.
- F2’nin G2’ye baskın olmasından dolayı Firma1 ve Firma3, Firma6’ya baskındır.
- F2’nin I2’ye baskınlığından dolayı Firma2, Firma4’e baskındır.
- F2, G2’ye baskın olmasından dolayı Firma5, Firma2’ye baskındır.
- J2’nin F2’ye baskınlığı sebebiyle Firma6, Firma2’ye baskındır.
- F2’nin I2’ye baskınlığı sebebiyle Firma5, Firma4’e baskındır.
- J2, F2’ye baskın olmasından dolayı, Firma6, Firma4’e baskındır.
- J2’nin F2’ye baskın olması sebebiyle, Firma6, Firma5’e baskındır.

Bu sonuçlara bakılarak, Ortak Sıra Ölçeği (JOS)'ne göre sıralama oluşturulduğunda, polimerik biyomalzeme üretiminde kalite performans kriterlerinden etkilenen firmaların sıralaması aşağıdaki şekildedir:

- Firma1=Firma3 > Firma6 > Firma5 > Firma2> Firma4

## 4. SONUÇ

Salgın hastalıklar dünyanın küreselleşmesi sebebiyle oldukça hızlı bir şekilde yayılarak, insanları etkilemektedir. Salgın hastalıkların, doğrudan insanı etkilemesiyle, insana bağlı olan iş gücü, dolayısıyla ekonomi etkilenmektedir. 2019 yılında ortaya çıkarak tüm dünyayı etkisi altına alan ve hâlâ etkisini sürdürmeye devam eden Covid-19 pandemisi de böyle bir salgına örnek teşkil etmektedir. Bu süreçte, öncelikle ekonominin etkilenmesi, tüm sektörleri içine alacak bir etki oluşturmuştur. Gıda, otomotiv, tıbbi cihaz ve tıbbi malzeme, giyim ve benzer sektörlerdeki üretim ağı etkilenmiştir. Üretimin etkilenmesi, üretimde aranan kalitenin de doğrudan etkilenmesi demektir. Malzeme veya hammadde tedarikinden başlamak üzere, işleme, paketlenme, satışa sunulma ve satış sonrasında kadar olan tüm üretim prosesinin her basamağında bu etki beklenmektedir. Ürünün istenilene uygun şekilde üretilmesinde aksaklıklar meydana gelmesi üretim performansında düşüşe sebebiyet vermektedir. Özellikle salgın hastalıkların olduğu zamanlarda her alanda uygun ve doğru müdahalenin yapılması, bununla birlikte teşhis ve tedavide kullanılan tıbbi cihaz ve tıbbi malzemelerin üretimi ve kalitesinin muhafaza edilmesi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, ZAPROS yöntemi ile, Covid-19 sürecinde, polimerik biyomalzeme üreticilerinin, kalite performanslarında etkili olan kriterlerin etkisi değerlendirilmiştir.

Salgın hastalık sürecinde polimerik biyomalzeme üretiminde, ürünlerinin kalite performansının en çok etkilendiği firmalarda (Firma1 ve Firma3),

- üretim ve malzeme maliyetinin satış fiyatına oranının arttığı,
- hatasız veya hata oranı düşük üretim miktarının değişmediği,
- tedarik edilen hammadde, yarımamül ve mamullerinin kalitesinin değişiklik göstermediği,
- bakım ve onarım sürelerinin değişmediği,
- son kullanıcıya yönelik geri bildirim alınmasının zorlaştığı,
- ürün tanıtımları için ortamların ve imkanlara ulaşılabilirliğin azalış gösterdiği,
- firma pazar alanlarında küçülme/daralma gerçekleştiği

görülmüştür.

Üretim ve malzeme maliyetinin satış fiyatına oranının, salgın sürecinde, ulaşım ve tedarik sorunları sebebiyle, farklı tedarikçilerden hammadde, yarımamül tedarikinin farklı fiyatlarla sağlanması, personellerin sağlık durumları sebebiyle, yarı zamanlı işçi istihdamına gidilmesi, kısa çalışma politikaları sebebiyle üretim ağının aksaması gibi sebepler maliyetleri arttırmıştır.

Hatasız ve hata oranı düşük üretim miktarı, insan iş gücünün kullanılmasına bağlı olarak değişmektedir. Fabrikasyon üretimi yapan firmalarda insan iş gücünün cihazlar ile azaltılması, insana bağlı hata oranının düşmesini sağlar. Cihazların bakım ve onarımlarının yapılmasıyla birlikte hata oranında değişiklik olmamıştır.

Tedarik edilen hammadde, yarımamül ve mamüllerin kalitesinin salgın sürecinde, firmaların yarımamül, hammadde stok miktarlarının yüksek olmasına bağlı olarak değişmemiş olması düşünülebilir. Firmaların, farklı tedarikçilere yönelmesi durumunda ise, farklı firmadan tedarik edilen hammaddenin aynı markaya ait olması da buna bir sebep olarak gösterilebilir.

Bakım ve onarım süreleri, yıl içinde belirli periyotlarla gerçekleşmekte ve genellikle bir yıl önceden planlanmaktadır. Bu sebeple pandemi öncesinde planlanan bakım ve onarım zamanında gerçekleştirilmiş olması bakım ve onarım sürelerinde herhangi bir değişiklik olmamasını sağlamaktadır.

Pandemide, sağlık çalışanların iş yükü artmıştır. Bu sebeple firmalar sağlık personelleri ile irtibat kurmada zorlanmış ve geri bildirim zorlaşmıştır.

Türkiye ve dünya genelinde yaşanan kapanmalara ve kısıtlamalara bağlı olarak, ulusal ve uluslararası fuar ve organizasyonlara firmaların katılımı engellenmiştir. Doktor görüşmeleri de hastanelerin yoğunluğu sebebiyle ertelenmiş veya askıya alınmıştır. Bu sebeple ürün tanıtımları için ortam ve imkânlarla ulaşım azalış göstermiştir.

Pandemi sürecinde, hastanelerdeki tedavi uygulamaları aciliyete göre belirlenerek, bazı ameliyatlara askıya alınmış veya gerçekleştirilmemiştir. Bu alanlarda kullanılan medikal ekipmanlara dair ihtiyaç da bu sebeple azalmıştır.

Etkilenen firmalardaki performans kriterlerinin değişiklikleri bekleneni destekler niteliktedir.

Bu çalışma, salgının üretim proseslerindeki genel etkilerini göstermiştir. Belirlenen kriterlerden elde edilen sonuçlar ve çalışma sadece biyomalzeme üretimi değil tüm üretim sistemlerinin etkilendiği kriterler hakkında bir değerlendirme sunmaktadır.

## KAYNAKÇA

- [1] A. Tekin, “Tarihten günümüze epidemiler, pandemiler ve ekonomik sonuçları”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sos. Bilim. Enstitüsü Derg.*, sy 40, ss. 330-335, 2021.
- [2] N. Gür, M. Tatlıyer, ve Ş. Dilek, “Ekonominin koronavirüsle mücadelesi”, Siyaset, Ekonomi ve Toplum Araştırmaları Vakfı, İstanbul, 2020.
- [3] A. Turan ve H. Hamza Çelikyay, “Türkiye’de kovid-19 ile mücadele: politikalar ve aktörler”, *Uluslar. Önetim Akad. Derg.*, c. 3, sy 1, ss. 1-25, 2020, doi: 10.33712/mana.733482.
- [4] F. İnce, A. K. Nurdoğan, ve H. T. Bayar, “Covid-19 krizinin sağlık sektöründe faaliyet gösteren işletmeler üzerindeki etkileri”, *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Derg.*, c. 12, sy 30, ss. 434-448, 2021, doi: 10.21076/vizyoner.812480.
- [5] S. Durmuş ve D. Şahin, “Covid-19 küresel salgında dünyada ve Türkiye’de uygulanan ekonomi politikaları üzerine bir değerlendirme”, *J. Turk. Stud.*, c. 15, sy 4, ss. 923-943, 2020, doi: 10.7827/TurkishStudies.44506.
- [6] A. S. Tekoğlu, “Covid-19 salgını ve dış ticarete kriz yönetimi: Türkiye örneği”, *Gümrük Ticaret Derg.*, c. 7, sy 22, ss. 32-53, 2020.
- [7] H. M. Moshkovich ve A. I. Mechitov, “Selection of a faculty member in academia: a case for verbal decision analysis”, *Int. J. Bus. Syst. Res.*, c. 12, sy 3, ss. 343-363, 2018, doi: 10.1504/IJBSR.2018.10011350.
- [8] M. S. Filho, U. R. P. Gomes, ve P. R. Pinheiro, “Project portfolio prioritization aided by verbal decision analysis”, içinde *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Caceres, Haz. 2018, ss. 1-6. doi: 10.23919/CISTI.2018.8399312.

- [9] M. Simão Filho, P. R. Pinheiro, ve A. B. Albuquerque, “Analysis of task allocation in distributed software development through a hybrid methodology of verbal decision analysis”, *J. Softw. Evol. Process*, c. 29, sy 7, ss. 1-18, Tem. 2017, doi: 10.1002/smr.1867.
- [10] T. C. S. Machado, P. R. Pinheiro, ve I. Tamanini, “Project management aided by verbal decision analysis approaches: a case study for the selection of the best SCRUM practices: Project management aided by verbal decision analysis approaches: a case study for the selection of the best SCRUM practices”, *Int. Trans. Oper. Res.*, c. 22, sy 2, ss. 287-312, Mar. 2015, doi: 10.1111/itor.12078.
- [11] G. Rodrigues ve C. Eric, “Optimizing marketing segmentation through an information system using verbal decision analysis in the chamber of commerce in rio de janeiro (CDLRio)”. 2008.
- [12] P. R. Pinheiro, I. Tamanini, M. C. Dantas Pinheiro, ve V. H. C. de Albuquerque, “Evaluation of the Alzheimer’s disease clinical stages under the optics of hybrid approaches in Verbal Decision Analysis”, *Telemat. Inform.*, c. 35, sy 4, ss. 776-789, Tem. 2018, doi: 10.1016/j.tele.2017.04.008.
- [13] A. Carvalho, A. Castro, P. Pinheiro, M. Rodrigues, ve L. F. A. M. Gomes, “Multicriteria model applied to the industrialization process of the cashew nut”, *2006 International Conference on Service Systems and Service Management*, Troyes, France, Eki. 2006, ss. 878-882. doi: 10.1109/ICSSSM.2006.320736.
- [14] P. R. Pinheiro, I. Tamanini, F. C. da Silva Filho, ve M. Â. de Moura Reis Filho, “Applying verbal decision analysis on the choice of materials to the construction process of earth dams”, *Information Computing and Applications*, c. 6377, Berlin, Heidelberg: Springer, 2010, ss. 557-564. doi: 10.1007/978-3-642-16167-4\_71.

- [15] Z. D. ÇIRAK ve D. B. YAKINCI, “Tıbbi uygulamalarda kullanılan biyouyumlu biyomalzemeler”, *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Mesl. Üksek Okulu Derg.*, c. 8, sy 2, ss. 515-526, 2020.
- [16] G. M. Raghavendra, K. Varaprasad, ve T. Jayaramudu, “Biomaterials: design, development and biomedical applications”, içinde *Nanotechnology Applications for Tissue Engineering*, Elsevier Inc., 2015, ss. 21-44. doi: 10.1016/B978-0-323-32889-0.00002-9.
- [17] C. M. Agrawal, “Reconstructing the human body using biomaterials”, *JOM*, c. 50, sy 1, ss. 31-35, Oca. 1998, doi: 10.1007/s11837-998-0064-5.
- [18] A. R. Pelton, “Evaluation of mechanical fatigue and durability”, içinde *Handbook of Vascular Motion*, Elsevier, 2019, ss. 313-335. doi: 10.1016/b978-0-12-815713-8.00015-2.
- [19] Y. Shibata ve Y. Tanimoto, “A review of improved fixation methods for dental implants. Part I: Surface optimization for rapid osseointegration”, *J. Prosthodont. Res.*, c. 59, sy 1, ss. 20-33, Oca. 2015, doi: 10.1016/j.jpor.2014.11.007.
- [20] W. Chrzanowski ve F. Dehghani, “Standardised chemical analysis and testing of biomaterials”, içinde *Standardisation in Cell and Tissue Engineering: Methods and Protocols*, Elsevier Ltd., 2013, ss. 166-196. doi: 10.1533/9780857098726.2.166.
- [21] Z. Liu, Q. Lei, ve S. Xing, “Mechanical characteristics of wood, ceramic, metal and carbon fiber-based PLA composites fabricated by FDM”, *J. Mater. Res. Technol.*, c. 8, sy 5, ss. 3743-3753, Eyl. 2019, doi: 10.1016/j.jmrt.2019.06.034.
- [22] D. Banoriya, R. Purohit, ve R. K. Dwivedi, “Advanced application of polymer based biomaterials”, *Mater. Today Proc.*, c. 4, sy 2, ss. 3534-3541, 2017, doi: 10.1016/j.matpr.2017.02.244.

- [23] J. D. Bronzino, Ed., *The biomedical engineering handbook*, 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2000.
- [24] W. He ve R. Benson, “Polymeric biomaterials”, *Applied Plastics Engineering Handbook*, Amerika Birleşik Devletleri: Elsevier Inc, 2017, ss. 145-164.
- [25] M. Zarghami ve F. Szidarovszky, “Introduction to multicriteria decision analysis”, içinde *Multicriteria Analysis*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, ss. 1-12. doi: 10.1007/978-3-642-17937-2\_1.
- [26] I. Yevseyeva, “Solving classification problems with multicriteria decision aiding approaches”, Yüksek Lisans Tezi, University of Jyvaskyla distributor: University Library of Jyvaskyla, Jyvaskyla, 2007.
- [27] Y. Çınar, “Çok nitelikli karar verme ve ‘bankaların mali performanslarının değerlendirilmesi’ örneği”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2004.
- [28] I. Yevseyeva, “Solving classification problems with multicriteria decision aiding approaches”, Doktora Tezi, University of Jyvaskyla distributor: University Library of Jyvaskyla, Jyvaskyla, Finlandiya, 2007.
- [29] H. Moshkovich, A. Mechitov, ve D. Olson, “Verbal decision analysis”, *Multiple Criteria Decision Analysis*, c. 233, S. Greco, M. Ehrgott, ve J. R. Figueira, Ed. New York, NY: Springer New York, 2016, ss. 605-636. doi: 10.1007/978-1-4939-3094-4\_15.
- [30] O. I. Larichev ve H. M. Moshkovich, “ZAPROS-LM — A method and system for ordering multiattribute alternatives”, *Eur. J. Oper. Res.*, c. 82, sy 3, ss. 503-521, May. 1995, doi: 10.1016/0377-2217(93)E0143-L.



- [31] O. I. Larichev ve H. M. Moshkovich, *Verbal decision analysis for unstructured problems*, c. 17. Boston, MA: Springer US, 1997. doi: 10.1007/978-1-4757-2638-1.
- [32] D. Górecka, “Evaluating the negotiatiation template with pipres- a fusion of the revised simos’ procedure and the zapros method”, *Mult. Criteria Decis. Mak.*, c. 10, sy 48-64, s. 17, 2015.
- [33] O. I. Larichev ve H. M. Moshkovich, “An approach to ordinal classification problems”, *International Trans. Oper. Res.*, c. 1, ss. 375-385, 1994.
- [34] O. I. Larichev, “Ranking multicriteria alternatives: the method ZAPROS III”, *Eur. J. Oper. Res.*, c. 131, sy 3, ss. 550-558, Haz. 2001, doi: 10.1016/S0377-2217(00)00096-5.
- [35] E. M. Furems, O. I. Larichev, G. V. Roizenson, A. V. Lotov, ve K. Miettinen, “Human behavior in a multi-criteria choice problem with individual tasks of different difficulties”, *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.*, c. 02, sy 01, ss. 29-40, Mar. 2003, doi: 10.1142/S0219622003000501.
- [36] H. M. Moshkovich ve A. I. Mechitov, “Verbal decision analysis: foundations and trends”, *Adv. Decis. Sci.*, c. 2013, ss. 1-9, Eki. 2013, doi: 10.1155/2013/697072.
- [37] L. Ustinovich ve D. Kochin, “Verbal decision analysis methods for determining the efficiency of investments in construction”, *Found. Civ. Enviromental Eng.*, sy 5, ss. 35-46, 2004.
- [38] D. P. Oleynikov, L. N. Butenko, H. M. Moshkovich, ve A. I. Mechitov, “ARACE – a new method for verbal decision analysis”, *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.*, c. 14, sy 01, ss. 115-140, Oca. 2015, doi: 10.1142/S0219622014500801.
- [39] I. Tamanini, “Improving the ZAPROS method considering the incomparability cases”, Yüksek Lisans Tezi, Fortaleza University, Fortaleza, 2010.

- [40] T. G. Grigorian ve V. K. Koshkin, “Value-driven decision-making while choosing outsourcers in the projects of municipal water supply systems reconstruction”, *2015 IEEE 8th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*, Warsaw, Poland, Eyl. 2015, ss. 527-530. doi: 10.1109/IDAACS.2015.7341361.
- [41] G. G. Dimitriadi ve O. I. Larichev, “Decision support system and the ZAPROS-III method for ranking the multiattribute alternatives with verbal quality estimates”, *Autom. Remote Control*, c. 66, sy 8, ss. 1322-1335, Ağu. 2005, doi: 10.1007/s10513-005-0173-3.
- [42] I. Tamanini ve P. R. Pinheiro, “Applying a new approach methodology with ZAPROS”, *XL SBPO*, sy 2, ss. 914-925, 2008.
- [43] J. Figueira, S. Greco, ve M. Ehrogott, *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*. New York: Springer, 2005. doi: 10.1007/b100605.
- [44] A. Shemshadi, H. Shirazi, M. Toreihi, ve M. J. Tarokh, “A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting”, *Expert Syst. Appl.*, c. 38, sy 10, ss. 12160-12167, Eyl. 2011, doi: 10.1016/j.eswa.2011.03.027.
- [45] Ö. Atalık ve M. Bakir, “Entropi ve aras yöntemleriyle havayolu işletmelerinde hizmet kalitesinin değerlendirilmesi”, *J. Bus. Res. - Turk*, c. 10, sy 1, ss. 617-638, Mar. 2018, doi: 10.20491/isarder.2018.410.
- [46] B. E. Flores ve D. C. Whyark, “Multiple criteria ABC analysis”, *Int. J. Oper. Prod. Manag.*, c. 6, sy 3, ss. 38-46, 1985.
- [47] M. B. Durukan ve A. K. Kapucugil, “Denetim kalitesi, kalite ve hizmet kalitesine ilişkin modeller: kavramsal çerçeve”, *Mali Çözüm ISMMO Yayın Organı*, sy 82, ss. 35-62, 2007.

- [48] T. Levitt, “Product-line approach service”, *Harward Bus. Rev.*, s. 25, 1972.
- [49] G. Taguchi, E. A. Elsayed, ve T. C. Hsiang, *Quality engineering in production systems*. New York: McGraw-Hill, 1988.
- [50] J. M. Juran ve A. B. Godfrey, Ed., *Juran’s quality handbook*, 5th ed. New York: McGraw Hill, 1999.
- [51] P. B. Crosby, *Quality is free: the art of making quality certain*. 1980.
- [52] J. M. Juran ve F. M. Gryna, *Quality planning and analysis: from product development through use*, 3. ed., [International ed.]. New York, NY: McGraw-Hill, 1993.
- [53] M. İmai, *Kaizen*, 6. bs. Ankara: KalDer Yayınları, 2014.
- [54] *Tıbbi cihazlar – Kalite yönetim sistemleri – düzenleyici amaçlar için gereklilikler, 13485*. Ankara: TSE, 2016.
- [55] O. Çevik ve G. Aran, “Kalite iyileştirme sürecinde hata türü etkileri analizi (FMEA)\* ve piston üretiminde bir uygulama”, *Selçuk Üniversitesi İİBF Sos. Ve Ekon. Araştırmalar Derg.*, c. 8, sy 16, ss. 241-265, 2009.
- [56] *Kalite yönetim sistemleri – Şartlar, 9001*. Ankara: TSE, 2015.
- [57] M. A. Tulina ve N. V. Pyatigorskaya, “Specificity of good manufacturing practice (GMP) for biomedical cell products”, *Bull. Exp. Biol. Med.*, c. 164, sy 4, ss. 579-582, Mar. 2018, doi: 10.1007/s10517-018-4035-8.
- [58] P. Mandal, A. Howell, ve A. S. Sohal, “A systemic approach to quality improvements: The interactions between the technical, human and quality systems”, *Total Qual. Manag.*, c. 9, sy 1, ss. 79-100, Şub. 1998, doi: 10.1080/0954412989289.

- [59] G. Nakıboğlu, “Covid-19 d6neminde k6resel tedarik zincirlerinde yaşananlar ve d6n6ř6m”, *Çağ 6niversitesi Sos. Bilim. Derg.*, c. 17, sy 2, ss. 1-16, 2020.
- [60] I. Alsyouf, “The role of maintenance in improving companies’ productivity and profitability”, *Int. J. Prod. Econ.*, c. 105, sy 1, ss. 70-78, Oca. 2007, doi: 10.1016/j.ijpe.2004.06.057.
- [61] J. W. Gardner, “Managing production yields and rework through feedback on speed, quality, and quantity”, *Prod. Oper. Manag.*, c. 29, sy 9, ss. 2182-2209, Eyl. 2020, doi: 10.1111/poms.13221.
- [62] İ. Tabakan, “Covid-19 pandemisinin bir 6niversite hastanesinde plastik cerrahi ameliyatlarına olan etkisi”, *Cukurova Med. J.*, c. 47, sy 1, ss. 29-33, 2022.
- [63] M. Marangoz ve E. K. 6zen, “Covid-19 pandemi s6recinin farklı alanlarda dijitalleşmeye etkileri: kavramsal bir değerlendirme”, c. 1, sy 1, ss. 54-68, 2021.