

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE  
SAĞLIK SEKTÖRÜNDE POLİKLİNİKLERİN ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çağrı ÇAĞLAR**

**İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı**

**İşletme Mühendisliği Programı**

**ŞUBAT 2025**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE  
SAĞLIK SEKTÖRÜNDE POLİKLİNİKLERİN ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Çağrı ÇAĞLAR  
(507211072)**

**İşletme Mühendisliği Anabilim Dalı**

**İşletme Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Tuncay ÖZCAN**

**ŞUBAT 2025**



**ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL**

**MEASURING THE EFFICIENCY OF POLYCLINICS IN THE HEALTH  
SECTOR USING FUZZY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS**

**M.Sc. THESIS**

**Çağıl ÇAĞLAR  
(507211072)**

**Department of Management Engineering**

**Management Engineering Programme**

**Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Tuncay ÖZCAN**

**FEBRUARY 2025**



İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 507211072 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Çağrı ÇAĞLAR, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE SAĞLIK SEKTÖRÜNDE POLİKLİNİKLERİN ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Doç. Dr. Tuncay ÖZCAN** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Ferhan ÇEBİ** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Ersin NAMLI** .....  
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa

**Teslim Tarihi** : 10 Ocak 2025  
**Savunma Tarihi** : 6 Şubat 2025





*Her zaman yanımda olan  
Biricik Aileme,*



## ÖNSÖZ

“İnsan, hayallerini gerçekleştirebildiği ölçüde büyür.” Bu çalışma, hayallerimi gerçeğe dönüştürmek için attığım adımların en anlamlılarından biri... Her başlangıç, bir umut; her süreç, bir emek; ve her sonuç bir hikaye barındırırken, bu tez de benim hikayemi barındırıyor...

Bu yolda yalnız olmadığımı bilmek ve her adımda destek hissetmek büyük bir motivasyon kaynağıydı.

İlk olarak, bu sürecin en önemli yapı taşı olan değerli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Tuncay ÖZCAN’a en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Derin bilgi birikimi ve her zaman ilham veren yaklaşımlarıyla bana sadece bir akademik rehber değil, aynı zamanda bir yol arkadaşı oldu.

İkinci olarak, bu çalışmayı mümkün kılan ve kariyerimde ilk adımlarımı attığım Medicabil Sağlık Grubu'na teşekkür etmek istiyorum. Araştırmama sağladıkları büyük destekle sadece bu çalışmaya değil, kişisel ve profesyonel gelişimime de büyük katkıda bulundular.

Son olarak, en büyük teşekkürlerim ise biricik aileme sunmak istiyorum... Sizler, her şeyin ötesinde bana güven verdiniz, her düştüğümde elimden tuttunuz. Yaz, kış, gece, gündüz demeden hep yanımda oldunuz. "Başarı, sabırla işlenmiş bir emek ipliğidir," derler. O ipliğin her bir ilmeğinde sizin sevginiz, anlayışınız ve sabrınız var. Size ne kadar teşekkür etsem az...

Şubat 2025

Çağıl Çağlar  
İşletme Mühendisi



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                                            |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖNSÖZ .....                                                                                | xi    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                          | xiii  |
| KISALTMALAR .....                                                                          | xv    |
| SEMBOLLER .....                                                                            | xvii  |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                                       | xix   |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                                         | xxi   |
| ÖZET .....                                                                                 | xxiii |
| SUMMARY .....                                                                              | xxv   |
| 1. GİRİŞ .....                                                                             | 1     |
| 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....                                                             | 3     |
| 2.1 Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....                      | 3     |
| 2.2 Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar..... | 17    |
| 3. METODOLOJİ .....                                                                        | 31    |
| 3.1 Veri Zarflama Analizinin Tanımı.....                                                   | 33    |
| 3.1.1 Veri zarflama analizinin tarihçesi .....                                             | 36    |
| 3.1.2 Veri zarflama analizinin uygulama alanları .....                                     | 41    |
| 3.1.2.1 Bankalar .....                                                                     | 42    |
| 3.1.2.2 Üniversiteler .....                                                                | 43    |
| 3.1.2.3 Oteller.....                                                                       | 44    |
| 3.1.2.4 Sağlık .....                                                                       | 45    |
| 3.2 Veri Zarflama Analizinin Temel Kavramları .....                                        | 46    |
| 3.3 Veri Zarflama Analizinin Uygulanması .....                                             | 48    |
| 3.3.1 Karar verme birimlerinin seçimi .....                                                | 48    |
| 3.3.2 Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi .....                                          | 48    |
| 3.3.3 Veri zarflama modelinin seçimi .....                                                 | 49    |
| 3.3.4 Veri zarflama modelinin uygulanması .....                                            | 50    |
| 3.3.5 Sonuçların değerlendirilip analiz edilmesi.....                                      | 50    |
| 3.4 Temel Veri Zarflama Analizi Modelleri ve Matematiksel Yapıları.....                    | 51    |
| 3.4.1 Temel VZA modelleri .....                                                            | 52    |
| 3.4.1.1 Bir girdili ve bir çıktılı veri zarflama analizi modeli .....                      | 52    |
| 3.4.1.2 İki girdili ve bir çıktılı veri zarflama analizi modeli .....                      | 54    |
| 3.4.1.3 Bir girdili ve iki çıktılı veri zarflama analizi modeli .....                      | 57    |
| 3.4.2 CCR VZA modeli (charnes, cooper, rhodes modeli).....                                 | 59    |
| 3.4.2.1 Girdi odaklı CCR modeli .....                                                      | 60    |
| 3.4.2.2 Çıktı odaklı CCR modeli.....                                                       | 61    |
| 3.4.3 BCC VZA modeli (banker, charnes ve cooper modeli).....                               | 62    |
| 3.4.3.1 Girdi odaklı BCC modeli .....                                                      | 62    |
| 3.4.3.2 Çıktı odaklı BCC modeli.....                                                       | 63    |

|                                                                     |            |
|---------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.5 Bulanık Veri Zarflama Analizi .....                             | 64         |
| 3.5.1 Bulanık verilerin sınıflandırılması .....                     | 65         |
| 3.5.2 Bulanık veri zarflama analizi yaklaşımları.....               | 66         |
| 3.5.3 Bulanık veri zarflama analizi modelleri .....                 | 67         |
| 3.5.3.1 Despotis-Smirlis modeli .....                               | 69         |
| 3.5.3.2 Cook-Kress-Seiford modeli.....                              | 70         |
| 3.5.3.3 Cooper-Park-Yu modeli .....                                 | 71         |
| 3.5.3.4 Kao-Liu modeli .....                                        | 74         |
| <b>4. UYGULAMA.....</b>                                             | <b>77</b>  |
| 4.1 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı .....                             | 78         |
| 4.2 Karar Verme Birimlerinin Seçilmesi.....                         | 78         |
| 4.3 Veri Kümesinin Oluşturulması ve Değişkenlerin Seçimi .....      | 81         |
| 4.3.1 Veri kümesinin oluşturulması .....                            | 81         |
| 4.3.2 Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçilmesi .....                | 90         |
| 4.3.3 Verilerin düzenlenmesi .....                                  | 93         |
| 4.4 Bulanık Verilerin Oluşturulması .....                           | 99         |
| 4.5 Alfa Kesme Yöntemi ve Elde Edilen Değerlerin Uygulaması .....   | 105        |
| 4.6 CCR Modelinin Kurulumu .....                                    | 120        |
| 4.6.1 Girdi odaklı CCR modellerinin uygulanması.....                | 120        |
| 4.6.2 Çıktı odaklı CCR modellerinin uygulanması .....               | 121        |
| 4.7 Bulanık Sıralama Analizi ile Sonuçların Değerlendirilmesi ..... | 125        |
| <b>5. SONUÇLAR .....</b>                                            | <b>127</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                               | <b>131</b> |
| <b>EKLER .....</b>                                                  | <b>139</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                                | <b>161</b> |

## KISALTMALAR

|                    |                                                                                          |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VZA</b>         | : Veri Zarflama Analizi                                                                  |
| <b>BVZA</b>        | : Bulanık Veri Zarflama Analizi                                                          |
| <b>CCR</b>         | : Charnes-Cooper-Rhodes Modeli                                                           |
| <b>BCC</b>         | : Banker-Charnes-Cooper Modeli                                                           |
| <b>FTF</b>         | : Faliyet Tabanlı Finansman                                                              |
| <b>OECD</b>        | : Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü                                                  |
| <b>GSYİH</b>       | : Gayrisafi Yurt içi Hasıla                                                              |
| <b>MR</b>          | : Manyetik Rezonans Görüntüleme                                                          |
| <b>BT</b>          | : Bilgisayarlı Tomografi                                                                 |
| <b>ABD</b>         | : Amerika Birleşik Devletleri                                                            |
| <b>FAVÖK</b>       | : Faiz Amortisman ve Vergi Öncesi Kar                                                    |
| <b>SARS-COV-2:</b> | Şiddetli Akut Solunum Yolu Sendromu Koronavirüsü 2                                       |
| <b>COVID-19</b>    | : Koronavirüsü                                                                           |
| <b>TEA-IS</b>      | : Veri Zarflama Analizi ve Çok Kriterli Karar Verme Metodunun bir arada kullanılmış hali |
| <b>BCC-I</b>       | : Girdi odaklı BCC modeli                                                                |
| <b>TSVNN-CCR:</b>  | Üçgen Tek Değerli Nötrosifik CCR modeli                                                  |
| <b>PCA</b>         | : Temel Bileşenler Analizi                                                               |
| <b>FA</b>          | : Faktör Analizi                                                                         |
| <b>TLDEA</b>       | : İki Seviyeli Veri Zarflama Analizi                                                     |
| <b>RDM</b>         | : Menzin Yön Ölçümü                                                                      |
| <b>DP</b>          | : Doğrusal Programlama                                                                   |
| <b>VRS</b>         | : Ölçeğe Göre Değişken Getiri                                                            |
| <b>CRS</b>         | : Ölçeğe Göre Sabit Getiri                                                               |
| <b>KVB</b>         | : Karar Verme Birimi                                                                     |
| <b>KBF</b>         | : Kritik Başarı Faktörü                                                                  |



## SEMBOLLER

|                          |                                                                                                                                                         |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $"y_{rj}"$               | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $r$ " no'lu çıktısı                                                                                                           |
| $"x_{ij}"$               | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $i$ " no'lu girdisi                                                                                                           |
| $"u_r"$                  | : " $r$ " no lu çıktı için ağırlık                                                                                                                      |
| $"v_i"$                  | : " $i$ " no lu girdi için ağırlık                                                                                                                      |
| $"s"$                    | : Toplam Çıktı sayısı                                                                                                                                   |
| $"m"$                    | : Toplam Girdi sayısı                                                                                                                                   |
| $"n"$                    | : Toplam KVB sayısı                                                                                                                                     |
| $"u_0"$                  | : Gevşeklik Değişkeni                                                                                                                                   |
| $"\epsilon"$             | : Yeterince küçük bir sayı                                                                                                                              |
| $"\tilde{Y}_{rj}"$       | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $r$ " no'lu Bulanık çıktısı                                                                                                   |
| $"\tilde{X}_{ij}"$       | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $i$ " no'lu Bulanık girdisi                                                                                                   |
| $"x_{ij}^L"$             | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $i$ " numaralı girdisinin alt bulanık sınır değeri                                                                            |
| $"x_{ij}^U"$             | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $i$ " numaralı girdisinin üst bulanık sınır değeri                                                                            |
| $"\mu_{\tilde{x}_{ij}}"$ | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $i$ " numaralı girdisine ait üyelik fonksiyonu değeri                                                                         |
| $"y_{rj}^L"$             | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $r$ " numaralı çıktısının alt bulanık sınır değerleridir.                                                                     |
| $"y_{rj}^U"$             | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $r$ " numaralı çıktısının üst bulanık sınır değerleridir.                                                                     |
| $"\mu_{\tilde{y}_{rj}}"$ | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $i$ " numaralı çıktısına ait üyelik fonksiyonu değeri                                                                         |
| $"P_{rj}"$               | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $r$ " numaralı çıktısına dair, bulanık aralıktaki üst sınır ile alt sınır arasındaki payı belirleyen doğrusal model değişkeni |
| $"q_{ij}"$               | : " $j$ " no'lu KVB'nin " $i$ " numaralı girdisine dair, bulanık aralıktaki üst sınır ile alt sınır arasındaki payı belirleyen doğrusal model değişkeni |
| $"K^C"$                  | : Kesin verilere ait çıktı kümesi                                                                                                                       |
| $"K^G"$                  | : Kesin verilere ait girdi kümesi                                                                                                                       |
| $"L"$                    | : Sıralı verilerin ilişkisindeki küme                                                                                                                   |
| $"I"$                    | : Sıralı verinin sıra numarası                                                                                                                          |

|                               |                                                                                                  |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $“u_{rj}^l”$                  | : “j” no’lu KVB’nin “r” no’lu sıralı çıktısına verilen ağırlık                                   |
| $“v_{rj}^l”$                  | : “j” no’lu KVB’nin “i” no’lu sıralı çıktısına verilen ağırlık                                   |
| $“\hat{x}_{ij}”$              | : “j” no’lu KVB’nin “i” no’lu girdisinin normalize edilmiş değeri                                |
| $“\hat{x}_{ij}^L”$<br>değeri  | : “j” no’lu KVB’nin “i” no’lu girdisinin normalize edilmiş alt sınır                             |
| $“\hat{x}_{ij}^U”$<br>değeri  | : “j” no’lu KVB’nin “i” no’lu girdisinin normalize edilmiş üst sınır                             |
| $“\hat{y}_{rj}”$              | : “j” no’lu KVB’nin “r” no’lu çıktısının normalize edilmiş değeri                                |
| $“\hat{y}_{rj}^L”$<br>değeri  | : “j” no’lu KVB’nin “r” no’lu çıktısının normalize edilmiş alt sınır                             |
| $“\hat{y}_{rj}^U”$<br>değeri  | : “j” no’lu KVB’nin “r” no’lu çıktısının normalize edilmiş üst sınır                             |
| $“\alpha”$                    | : Bulanık üyelik fonksiyonu üzerinde bir kesit seviyesinin temsili                               |
| $“(E_0)_\alpha^L”$            | : $\alpha$ -seviyesi dikkate alınarak alt bulanık sınırları üzerinden hesaplanan amaç fonksiyonu |
| $“(E_0)_\alpha^U”$            | : $\alpha$ -seviyesi dikkate alınarak üst bulanık sınırları üzerinden hesaplanan amaç fonksiyonu |
| $“(\tilde{X}_{ij})_\alpha^L”$ | : “j” no’lu KVB’nin “i” no’lu girdisine ait $\alpha$ -seviyeli bulanık alt değer                 |
| $“(\tilde{X}_{ij})_\alpha^U”$ | : “j” no’lu KVB’nin “i” no’lu girdisine ait $\alpha$ -seviyeli bulanık üst değer                 |
| $“(\tilde{Y}_{rj})_\alpha^L”$ | : “j” no’lu KVB’nin “r” no’lu çıktısına ait $\alpha$ -seviyeli bulanık alt değer                 |
| $“(\tilde{Y}_{rj})_\alpha^U”$ | : “j” no’lu KVB’nin “r” no’lu çıktısına ait $\alpha$ -seviyeli bulanık üst değer                 |
| $“m”$                         | : Değişkenin merkez değeri                                                                       |
| $“l”$                         | : Değişkenin alt sınırı                                                                          |
| $“u”$                         | : Değişkenin üst sınırı                                                                          |
| $“L(\alpha)”$                 | : Belirlenen alfa değerleri için alt sınır değeridir.                                            |
| $“U(\alpha)”$                 | : Belirlenen alfa değerleri için üst sınır değeridir.                                            |

## ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Çizelge 3.1 : VZA Modellerinin Kategorileri. (Panwar ve diğ., 2022) .....                                     | 41  |
| Çizelge 3.2 : Temel Bir Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007) .....                    | 53  |
| Çizelge 3.3 : Temel Bir Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği Etkinlik Sonuçları. (Cooper ve diğ., 2007) ..... | 54  |
| Çizelge 3.4 : Temel İki Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007) .....                    | 55  |
| Çizelge 3.5 : Temel Bir Girdi İki Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007) .....                    | 57  |
| Çizelge 3.6 : Bulanık Veri Zarflama Modelleri Sınıflandırması. (Oruç, 2008)..                                 | 68  |
| Çizelge 3.7 : Girdi seti için ölçek dönüşümü yapılmış veriler. ....                                           | 72  |
| Çizelge 3.8 : Çıktı seti için ölçek dönüşümü yapılmış veriler.....                                            | 72  |
| Çizelge 4.1 : Seçilen Karar Verme Birimleri. ....                                                             | 79  |
| Çizelge 4.2 : Polikliniklerin Etkinliklerini Ölçmek İçin Kullanılan Aday Girdiler. ....                       | 83  |
| Çizelge 4.3 : Polikliniklerin Aday Girdi Değerleri.....                                                       | 84  |
| Çizelge 4.4 : Polikliniklerin Etkinlik Ölçümünde Kullanılan Aday Çıktılar. ....                               | 87  |
| Çizelge 4.5 : Polikliniklerin Aday Çıktı Değerleri.....                                                       | 88  |
| Çizelge 4.6 : Aday Girdilerin Korelasyon Analizi Sonuçları. ....                                              | 91  |
| Çizelge 4.7 : Aday Çıktıların Korelasyon Analizi Sonuçları.....                                               | 92  |
| Çizelge 4.8 : Kesin Girdiler İçin Hesaplanan Standart Hata Değerleri.....                                     | 95  |
| Çizelge 4.9 : Kesin Çıktılar İçin Hesaplanan Standart Hata Değerleri. ....                                    | 97  |
| Çizelge 4.10 : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0$ ). ....                             | 101 |
| Çizelge 4.11 : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0$ ). ....                             | 103 |
| Çizelge 4.12 : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,25$ ). ....                          | 108 |
| Çizelge 4.13 : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,25$ ). ....                          | 110 |
| Çizelge 4.14 : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,50$ ). ....                          | 112 |
| Çizelge 4.15 : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,50$ ). ....                          | 114 |
| Çizelge 4.16 : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,75$ ). ....                          | 116 |
| Çizelge 4.17 : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,75$ ). ....                          | 118 |
| Çizelge 4.18 : Girdi Odaklı $\alpha$ - Kesme Seviyeli CCR Alt Etkinlik Skorları. ....                         | 120 |
| Çizelge 4.19 : Girdi Odaklı $\alpha$ - Kesme Seviyeli CCR Üst Etkinlik Skorları.....                          | 121 |
| Çizelge 4.20 : Çıktı Odaklı $\alpha$ - Kesme Seviyeli CCR Alt Etkinlik Skorları. ....                         | 121 |
| Çizelge 4.21 : Çıktı Odaklı $\alpha$ - Kesme Seviyeli CCR Üst Etkinlik Skorları.....                          | 122 |
| Çizelge 4.22 : Girdi Odaklı CCR Alt ve Üst Etkinlik Skoru Ortalamaları. ....                                  | 123 |
| Çizelge 4.23 : Çıktı Odaklı CCR Alt ve Üst Etkinlik Skoru Ortalamaları.....                                   | 124 |
| Çizelge 4.24 : Girdi Odaklı Bulanık Sıralama Analizi Sonuçları. ....                                          | 125 |
| Çizelge 4.25 : Çıktı Odaklı Bulanık Sıralama Analizi Sonuçları.....                                           | 126 |
| Çizelge A.1 : Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....                               | 140 |

|                                                                                                                 |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Çizelge A.2 : Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine<br/>Yapılan Çalışmalar.....</b> | <b>150</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 3.1 : Temel Bir Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007) .....                                 | 53 |
| Şekil 3.2 : Temel Bir Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği A Noktasının Duyarlılık Analizi. (Cooper ve diğ., 2007) ..... | 54 |
| Şekil 3.3 : Temel İki Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007) .....                                 | 56 |
| Şekil 3.4 : Temel İki Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği A Noktasının Duyarlılık Analizi. (Cooper ve diğ., 2007) ..... | 56 |
| Şekil 3.5 : Temel Bir Girdi İki Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007) .....                                 | 58 |
| Şekil 3.6 : Temel Bir Girdi İki Çıktı Veri Zarflama Örneği A Noktasının Duyarlılık Analizi. (Cooper ve diğ., 2007) ..... | 58 |



## BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE SAĞLIK SEKTÖRÜNDE POLİKLİNİKLERİN ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

### ÖZET

Sağlık sektörü, artan talep ve kısıtlı kaynakların yönetimi nedeniyle sürekli iyileştirme ihtiyacı duyan stratejik bir alandır. Bu kapsamda veri zarflama analizi; hizmet kalitesini artırma ve maliyet etkinliğini sağlama hedefi doğrultusunda önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Özellikle poliklinik düzeyindeki performans ölçümleri, personel, maliyet ve altyapı gibi sınırlı kaynakların verimli kullanımını somut biçimde göstererek sağlık yöneticilerinin stratejik kararlar almalarına yardımcı olmaktadır.

Bu çalışmada, özel bir hastanede faaliyet gösteren 23 ayrı polikliniğin etkinlik seviyeleri bulanık veri zarflama analizi (BVZA) yaklaşımıyla değerlendirilmiştir. Öncelikle 10 girdi ve 21 çıktıyı barındıran kapsamlı bir veri seti toplanmış, ardından yapılan korelasyon analizi sonucunda değişken sayısı 4 girdi ve 5 çıktı olacak şekilde azaltılmıştır. Seçilen girdi değişkenleri; “çalışılan toplam gün sayısı”, “toplam ilaç-malzeme maliyeti”, “genel işletme maliyeti payı ( $m^2$ )” ve “toplam randevu kapasitesi” şeklinde belirlenirken, çıktılar “hizmet alan tekil kişi sayısı”, “kişi başına ortalama gelir”, “ameliyat olan tekil kişi sayısı” ve “yapılan laboratuvar tetkik sayısı” olarak ele alınmıştır. Çalışmanın devamında sağlık sektörünün doğasında var olan belirsizlik ve değişkenliklere yanıt verebilmek için, geleneksel veri zarflama analizi yerine  $\alpha$ -kesme yöntemine dayalı BVZA modeli kullanılmıştır. Bu sayede, gerçekte sıkça karşılaşılan ve tam olarak belirlenemeyen veriler, bulanık kümeler aracılığıyla modele dâhil edilmiştir. BVZA yaklaşımı, polikliniklerin performansını daha gerçekçi bir şekilde değerlendirmenin yanı sıra verimliliğin artırılabilceği alanları net biçimde ortaya koymaktadır.

Elde edilen bulgular, sağlık yöneticilerinin poliklinik bazında kaynak planlaması, personel yönetimi ve bütçe en iyilemek gibi konularda etkin kararlar alabilmelerine olanak sağlamaktadır.



## **MEASURING THE EFFICIENCY OF POLYCLINICS IN THE HEALTH SECTOR USING FUZZY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS**

### **SUMMARY**

The healthcare sector is a strategic field that demands continuous improvement due to increasing demand and the necessity of managing limited resources effectively. In this context, data envelopment analysis emerges as a crucial tool for enhancing service quality and ensuring cost-effectiveness. Particularly at the outpatient clinic level, performance assessments demonstrate the efficient use of limited resources—such as personnel, costs, and infrastructure—and thus support health administrators in making strategic decisions.

In this study, the efficiency levels of 23 outpatient clinics operating in a private hospital were evaluated using a fuzzy data envelopment analysis (FDEA) approach. Initially, a comprehensive dataset containing 10 inputs and 21 outputs was compiled. Following correlation analysis, the number of variables was reduced to 4 inputs and 5 outputs. The selected inputs include “total number of working days,” “total drug and material costs,” “share of general operating expenses (per m<sup>2</sup>),” and “total appointment capacity,” while the outputs comprise “number of individuals receiving services,” “average income per person,” “number of individuals who underwent surgery,” and “number of laboratory tests performed.” To address the inherent uncertainty and variability in the healthcare sector, an  $\alpha$ -cut-based FDEA model was employed instead of traditional data envelopment analysis. Through this model, real-world data—often imprecise and inherently fuzzy—were incorporated using fuzzy sets. This approach not only offers a more realistic evaluation of outpatient clinic performance but also clearly identifies areas where efficiency improvements can be achieved.

The findings provide valuable insights for health administrators, enabling them to make effective decisions regarding resource planning, personnel management, and budget optimization within the scope of each outpatient clinic.



## 1. GİRİŞ

Sağlık hizmetleri, bir toplumun sosyoekonomik gelişimi ve sürdürülebilir refahı açısından kritik bir öneme sahiptir. Hastalıkların önlenmesi, teşhis ve tedavisinin yanı sıra koruyucu sağlık yaklaşımlarının yaygınlaşması, bireylerin yaşam kalitesini ve yaşam süresini olumlu yönde etkilemektedir. Bu nedenle, sağlık kurumlarının etkili ve verimli bir biçimde yönetilmesi yalnızca hastaların yararına değil, aynı zamanda ülke kaynaklarının doğru kullanımı ve toplumsal kalkınma için de büyük önem taşımaktadır. Ancak sağlık sektörü, doğal olarak karmaşık ve çok boyutlu bir yapı sergilediği için, sağlık kurumlarında operasyonel etkinliğin ölçülmesi ve iyileştirilmesi çoğu zaman güçlüklerle dolu bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde teknolojik gelişmelerin hız kazanması, dijital sağlık kayıt sistemlerinin yaygınlaşması, tıbbi cihazların veri üretme kapasitesinin artması ve büyük veri analitiği alanındaki yenilikler, sağlık kuruluşlarında veri toplama ve değerlendirme süreçlerini önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır. Buna karşın, Türkiye’de sağlık sektörünün diğer sektörlerle göre hala geride kaldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, çeşitli nedenlere bağlanmaktadır. Bir yanda, mevzuat ve güvenlik protokolleri gibi düzenleyici çerçevelerin sürekli değişen yapısı, veri toplayan kurumlar arasında tutarlılık sağlanmasını zorlaştırırken, diğer yanda, kamu ve özel sektör arasında ortak veri paylaşımının sınırlı olması, sağlık sistemine ilişkin bütüncül bir performans değerlendirmesini engelleyebilmektedir. Özellikle hasta mahremiyeti ve veri güvenliği konuları, her ne kadar gereklilik olsa da, veri toplamayı ve analiz etmeyi geciktiren faktörler arasında sayılmaktadır.

Bununla birlikte, sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesi ve hastane yönetiminin geliştirilmesi yolunda veri odaklı yaklaşımların değeri her geçen gün daha net anlaşılmaktadır. Gerek kurum içi kaynak planlamasında gerekse ulusal düzeyde sağlık politikalarının oluşturulmasında, sağlıklı verilerden elde edilen performans ölçüm sonuçlarının rehberlik etmesi son derece kritiktir. Bu çalışmada, veri temelli performans ölçümü yöntemlerinden biri olan Veri Zarflama Analizi (VZA)

incelenmekte ve sağlık verilerinde sıklıkla karşılaşılan belirsizlik durumuna da yanıt verebilen Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) yaklaşımı ele alınmaktadır. Böylelikle, verilerin muğlak veya eksik olduğu koşullarda dahi, poliklinik gibi alt birimlerin etkinlik düzeylerinin objektif bir şekilde belirlenmesi hedeflenmektedir.

Araştırmanın kapsamı, Türkiye’de yer alan bir özel hastaneye bağlı 23 polikliniğin performans değerlendirmesine dayanmaktadır. Çalışma sürecinde, polikliniklerin farklı fonksiyonel birimlerine ilişkin 11 aylık girdi ve çıktı verileri toplanmış, verilerin çok sayıda ve farklı kategorilerde olması nedeniyle öncelikle korelasyon analizi yapılmıştır. Bu sayede en uygun girdi ve çıktı değerşkenlerinin seçilmesi amaçlanmıştır. Daha sonra, seçilen verilerin alt ve st sınırları hesaplanarak, belirsizlik aralıklarının bulanık mantık çerçevesinde modellenmesi sağlanmıştır. Elde edilen bulanık üçgen sayıları, BVZA’nın temelini oluşturan üyelik fonksiyonlarıyla birlikte değerlendirilmektedir. Son aşamada ise CCR modeline dayanan klasik Veri Zarflama Analizi ile bu bulanık genişlemenin sonuçları karşılaştırmalı olarak yorumlanmaktadır.

Bu kapsamlı yaklaşımın en büyük katkılarından biri, Türkiye sağlık sektörünün güncel durumunu yansıtan verilerle, gerçek yaşam koşullarına daha yakın bir model oluşturmasıdır. Böylelikle, hastane yönetimi ve sektör paydaşları, elde edilen etkinlik skorlarından hareketle daha iyi stratejiler geliştirebilecek, kaynaklarını verimli kullanabilecek ve hasta memnuniyetini artıracak düzenlemelere gidilebilecektir. Ayrıca bu tez, veri toplama güçlüklerinin üstesinden gelmek için izlenen yöntemleri detaylandırmakta ve özellikle belirsizlik içeren sağlık verilerinin değerlendirilmesinde Bulanık Veri Zarflama Analizi yaklaşımının sağladığı avantajları gözler önüne sermektedir.

Tezin ilerleyen bölümleri, sağlık alanında yapılan VZA çalışmalarının literatürdeki yerine ve gelişimine ışık tutarak başlayacak, ardından metodoloji ile uygulanan yöntemlerin ayrıntılarına inilecektir. Sonraki bölümlerde, seçilen girdi ve çıktı değerşkenleri hakkında bilgiler verilecek ve BVZA modeli kullanılarak elde edilen etkinlik sonuçları değerlendirilerek yorumlanacaktır. Sonuç bölümünde ise tüm bu çalışma boyunca elde edilen bulguların ışığında sağlık yönetimine yönelik öneriler sunulacak, ileride benzer araştırmalar gerçekleştirmek isteyen araştırmacılar için yol gösterici bir ereve oluşturulacaktır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, sağlık alanında Veri Zarflama Analizi'ne (VZA) odaklanan çalışmaların kapsamlı bir incelemesi yapılmıştır. Söz konusu literatür, özellikle 1995 yılından itibaren hız kazanan araştırmalarla birlikte, hem teorik altyapının zenginleştirilmesi hem de uygulama alanlarının genişletilmesi açısından önemli bir birikim sunmaktadır. 1995'den bugüne dek, sağlık kurumlarının verimlilik ve performans değerlendirmelerinin sayısal yöntemlerle incelenmesi giderek yaygınlaşmış, sağlık hizmet sunumunda ortaya çıkan maliyet kontrolü, kalite iyileştirme, kaynak en iyilemek ve hasta memnuniyeti gibi kilit konuların analizi daha sistematik hale gelmiştir. Dolayısıyla, bu kısımda ele alınacak çalışmalar, VZA'nın sağlık sektöründe nasıl konumlandığını, zaman içinde yürütülen çalışmaların hangi konulara odaklandığını ve hangi veri setleri ile karar verme birimlerinin değerlendirildiğini ortaya koyacaktır.

### 2.1 Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Bu bölümde, 1995'ten 2024'e uzanan geniş bir zaman diliminde sağlık alanında Veri Zarflama Analizi'ne (VZA) dayalı çalışmaların gelişim seyri kronolojik bir bakış açısıyla ele alınacaktır. Bu yöntem, seçilen dönem boyunca yapılan araştırmalardaki eğilimlerin, yöntemsel farklılıkların, kullanılan veri setlerinin ve elde edilen sonuçların değerlendirme yaklaşımlarının tutarlı bir biçimde anlaşılmasını sağlayacaktır.

Chilingerian (1995) ABD'de bir hastanede görev yapan 24 dahiliye uzmanı ve 12 cerrah olmak üzere toplam 36 hekimin klinik etkinliklerini ölçmek amacıyla Veri Zarflama Analizini kullanmıştır. Çalışmada girdi odaklı CCR ve BCC modelleri kullanılırken, hastaların hastanede kalış süresi ve ek hizmetler için yapılan harcamalar (dolar bazında) girdileri; düşük ciddiyeitli ve yüksek ciddiyeitli vakaların sayısı ise çıktıları oluşturmuştur. Çalışmanın sonucunda, hekimler arasında klinik kaynakları kullanma etkinliklerinde ölçek verimliliği ve teknik verimlilik açısından önemli farklılıklar olduğu ortaya konmaktadır.

Magnussen (1996) Norveç'te hastanelerin etkinliği veri zarflama analizi kullanarak ölçmüştür. Çalışmada, hekim ve hemşire sayısı, diğer personel sayısı ve yatak sayısı girdileri oluştururken, tıbbi yatış günü, cerrahi yatış günü, ayakta tedavi sayısı gibi parametrelerde çıktıları oluşturmuştur. CCR ve BCC modelleri çerçevesinde gerçekleştirilen analizde, farklı çıktı parametrelerinin seçimiyle etkinlik dağılımında bir değişiklik görülmezken, hastane sıralamaları ve teknoloji ölçek özelliklerinin değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Parkin ve Hollingsworth (1997) akut hastanelerinin verimliliğini Veri Zarflama Analizi kullanılarak değerlendirmiştir. Çıktı odaklı bir yaklaşım ile CCR ve BCC modelleri tercih edilirken, çalışmanın örneklemini 75 hastaneden oluşturmuştur. 1991-1994 yılları arasında elde edilen verilerle gerçekleştirilen çalışmada girdi olarak; ortalama yatak sayısı, hemşire sayısı, hekim sayısı, teknik/idari ve diğer personel sayısı, diş hekimliği personeli sayısı, ilaç maliyetleri ve sermaye maliyeti kullanılırken, çıktı olarak akut tıbbi taburcu sayısı, akut cerrahi taburcu sayısı, acil servis başvuru sayısı, poliklinik başvuru sayısı, kadın hastalıkları ve doğum taburcu sayısı ve diğer branş taburcu sayısı kullanılmıştır. Hastanelerin etkinliği bu girdi ve çıktılar kullanılarak incelenmiş ve elde edilen bulgular sonucunda Veri Zarflama Analizinin geçerliliğinin modelleme sorunları nedeniyle dikkatli bir şekilde ele alınması gerektiği ortaya konulmuştur.

Linna (1998) Finlandiya'da akut bakım hizmeti sunan 43 hastanenin maliyet etkinliği ve üretkenliğini ölçmüştür. 1988 ve 1994 yılları arasındaki verileri kapsayan çalışmada; ölçeğe göre sabit getirili çağdaş VZA modeli, ölçeğe göre sabit getirili zamanlar arası VZA modeli, ölçeğe göre değişken getirili çağdaş VZA modeli ve ölçeğe göre değişken getirili zamanlar arası VZA modelleri uygulanmıştır. İşçinin saatlik ortalama ücret oranı ve Yerel yönetim sağlık harcamaları için yıllık fiyat endeksi girdileri oluştururken, Acil ziyaretleri, Planlı ve takip ziyaretleri, Toplam yatış sayısı, Yatış günü, Eğitim değişkenleri ve Araştırma değişkeni çıktıları oluşturmuştur. Bu çalışma sonucunda, yıllık ortalama %3-4 oranında üretkenlik artışı saptanmış olup, bu artışın önemli bir kısmının teknolojik gelişmelerden kaynaklandığı belirtilmiştir. 1993 yılında yapılan devlet sübvansiyon reformunun Finlandiya'da ki hastane etkinliğine belirgin bir etkisi olmadığı ifade edilmiştir.

Al-Shammari (1999) Ürdün Sağlık Bakanlığı'na bağlı hastanelerin üretkenlik etkinliğini ölçmek amacıyla, çıktı odaklı Veri Zarflama Analizi için, Çok Kriterli karar

verme yöntemiyle birlikte CCR modelini kullanarak kapsamlı bir çalışma yapmıştır. Araştırmada yatış günü sayısı, doktor sayısı, sağlık personeli sayısı girdileri oluştururken; hasta sayısı, küçük ve büyük ameliyat sayısı çıktıları oluşturmuştur. 15 adet hastanenin kullanıldığı çalışma da, 1991-1993 yılları arasındaki dönemde etkin olmayan hastaneler belirlenmiş ve bu hastanelerin kaynak kullanımında iyileştirme yapılması gereken alanları tespit edilmiştir.

Chirikos ve Sear (2000) Florida'daki 186 akut bakım hastanesinin 1982-1993 yılları arasındaki etkinliklerini, çıktı odaklı CCR Veri Zarflama Analizi ve Stokastik Sınır Regresyonu yöntemleriyle analiz etmiştir. Girdi olarak; personel maaşları, diğer hasta bakım giderleri, bina/ekipman sermaye giderleri ve faiz giderleri dahil olmak üzere çeşitli maliyet kalemleri kullanılmış, çıktı olarak; hasta başına yatış günleri ve çeşitli tedavi faaliyetleri sayılarına yer verilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda, hastanelerin genel olarak kaynaklarını verimsiz kullandıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca veri zarflama analizi ve stokastik sınır regresyonu modellerinin verimlilik sıralamalarında farklılıklar gösterdiği de görülmüştür. Bu çalışma, hastane verimlilik analizlerinde kullanılan modelin seçiminin, etkinlik değerlendirme sonuçlarını önemli ölçüde etkileyebileceğini göstermektedir.

Giokas (2001) 91 Yunan hastanesini kapsayan çalışmada, hastanelerin kaynak kullanım etkinlikleri Veri Zarflama Analizi (VZA) aracılığıyla incelemiştir. Araştırmada CCR modeli kullanılmış ve girdi olarak “toplam maliyet” ele alınmıştır. Çıktı değişkenleri arasında ise tıbbi bakımda ve cerrahi bakımda geçirilen hasta günleri, ayakta hasta ziyaretleri ve destekleyici hizmetler yer almıştır.

Kirigia ve diğ. (2002) Kenya'daki kamu hastanelerinin teknik etkinliğini değerlendirmek amacıyla gerçekleştirdikleri çalışmada, girdi odaklı Veri Zarflama Analizi yöntemini CCR ve BCC modelleri ile kullanarak 54 kamu hastanesinin etkinliklerini incelemiştir. Girdi olarak aralarında Doktorlar / Eczacılar / Diş Hekimleri sayıları ve Ekipman / araçlar / binaların bakım maliyetleri dahil olmak üzere 11 farklı veri ele alınırken, çıktı olarak Ayakta Tedavi ziyaretleri ve Özel Klinik Ziyaretleri gibi 7 farklı veri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda hastanelerin %74'ünün teknik olarak etkin olduğu, geri kalan %26'sının ise girdilerini azaltarak ya da çıktıları artırarak etkin hale gelmesi gerektiği ortaya konulmuştur.

Biørn ve diğ. (2003) Norveç'teki hastanelerin etkinliğini ölçmek amacıyla Veri Zarflama Analizini kullanmıştır. Bu çalışmada 48 hastane örneklem olarak seçilirken, teknik ve maliyet etkinlikleri CCR metodu ile incelenmiştir. Çalışmada girdi olarak Doktor sayısı, Diğer çalışan sayısı, Tıbbi Harcamalar ve Çalışma Giderleri ele alınırken, çıktı olarak Taburcu edilen hasta sayısı ve Ayakta tedavi ziyaret sayısı değerlendirilmiştir. Faaliyet Tabanlı Finansman (FTF) sisteminin uygulandığı hastanelerin teknik etkinliğinde bir artış gözlemlenirken, maliyet etkinliğinin etkisinin daha değişken ve bazı durumlarda negatif olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, FTF sisteminin teknik etkinliği artırdığı, maliyet etkinliğine etkisinin ise daha değişken olduğu görülmüştür.

Retzlaff-Roberts ve diğ. (2004) OECD üyesi 27 ülkenin sağlık kaynaklarının teknik etkinliği Veri Zarflama Analizi yöntemi kullanarak incelemiştir. Girdi ve çıktı odaklı BCC modelinin kullanıldığı bu çalışmada, sağlık harcamalarının bebek ölüm oranı ve yaşam beklentisi üzerindeki etkinliği değerlendirilmiştir. Girdi olarak OECD ülkelerinin; Yatak sayısı, MR cihazı sayısı, Hekim sayısı, Sağlık harcamalarının GSYİH oranı, Beklenen eğitim süresi, Gini katsayısı ve Sigara kullanım oranı kullanılırken, çıktı olarak; Bebek ölüm oranı ve Doğumda beklenen yaşam süresi değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulguları, sağlık kaynaklarını daha etkin kullanan ülkelerin mevcut sağlık çıktıları düzeylerini koruyabileceğini veya bazı durumlarda iyileştirebileceğini göstermektedir.

Bhat (2005) 24 OECD ülkesinin sağlık hizmeti sunum sistemlerini, girdi odaklı Veri Zarflama Analizi yöntemi ile değerlendirmiştir. Çalışmada CCR modeli kullanılırken, girdi olarak ilgili ülkelerin; pratisyen hekim sayısı, hemşire sayısı, yatak sayısı ve harcanan ilaçlar kullanılırken, çıktı olarak; 0–19 Yaş Grubu Nüfusu, 20–64 Yaş Grubu Nüfusu, 65 ve Üzeri Yaş Grubu Nüfusu ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, kamu-sözleşme veya kamu-entegrasyon modeli kullanan ülkelerin, kamu-geri ödeme modeli uygulayan ülkelere göre daha etkin bir sağlık sistemi sunduğunu ortaya koymuştur.

Afonso ve Aubyn (2006) OECD ülkelerinin sağlık verimliliğini değerlendirmiştir. Çalışmada; doktor sayısı, hemşire sayısı, hastane yatak sayısı ve manyetik rezonans sayısı girdi olarak kullanılırken, çıktı olarak; yaşam beklentisi, bebek hayatta kalma oranı ve kayıp olmayan potansiyel yaşam yılları ele alınmaktadır. İki aşamalı Veri Zarflama analizi ile birlikte Tobit ve ön yüklem yöntemlerinin kullanıldığı analizde, sağlık verimliliğinin ülkeler arası farklılıklar gösterdiği ve bu farklılıkların önemli

ölçüde çevresel faktörlerle açıklanabileceği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda, elde edilen bulgular, sağlık sektöründe daha verimli kaynak kullanımı ile bazı ülkelerin %40 oranında daha yüksek sonuçlara ulaşabileceğini ortaya koymaktadır.

Masiye (2007) 30 adet karar verme birimi ile Zambiya hastanelerinde gerçekleştirdiği ve veri zarflama analizine dayanan “kaynak verimliliğini inceleme” çalışmasında; girdi odaklı BCC ve CCR modellerini kullanmıştır. Yapılan analizde, Zambiya’daki hastanelerin %67 etkinlik seviyesinde olduğu ve kaynakların önemli bir kısmının verimsiz kullanıldığı tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan girdiler; İşgücü dışı harcamalar, Tıbbi doktor sayısı, Diğer sağlık personeli sayısı, İdari ve diğer destek personeli sayısı olup, çıktılar ise poliklinik ziyaret sayısı, yatış günü sayısı, doğum sayısı ve yapılan laboratuvar işlemleri sayısıdır.

Nayar ve Ozcan (2008) ABD'nin Virginia eyaletindeki akut bakım hastanelerinin teknik etkinlik ve kalite performansları incelemiştir. Çalışmada, girdi odaklı veri zarflama analizi kullanılırken, CCR modeline yer verilmiştir. Toplamda 53 hastane üzerinde yapılan analizde Hastane Yatak Sayısı, Personel Harici Giderler, Toplam Varlıklar, Tam Zamanlı Eşdeğer Personel Sayısı girdileri oluştururken, çıktı olarak; Ayaktan hasta sayısı, Taburcu edilen hasta sayısı ve Eğitim gören profesyonel sayısına başvurulmuştur. Ayrıca ilk antibiyotik uygulama süresi, oksijen değerlendirmesi ve pnömokok aşılması gibi kalite ölçütleri de kalite çıktısı olarak dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, hastanelerin teknik etkinliklerinin yüksek kalite ile aynı anda sağlanabileceği ve etkinlik-kalite dengesinin sürdürülebilir olduğu vurgulanmıştır.

Shimshak ve diğ. (2009) ABD’deki bakım evlerinde uygulanan iş gücü yönetimini ve bakım kalitesinin etkinliğini ölçmek amacıyla, girdi odaklı Veri Zarflama Analizi yöntemini kullanmıştır. Çalışmada Çoklu Amaçlı VZA modeli ile 38 bakım evinin performansları değerlendirilirken, girdi olarak; Kayıtlı Hemşireler, Lisanslı Pratik Hemşireler, Bakım Yardımcıları, Hemşirelik Dışı Profesyonel Personel, Hemşirelik Dışı Profesyonel Olmayan Personel ve İdari Personel ele alınmıştır. Çıktı olarak ise; Toplam Hasta sayısı, Banyo Yardımı Gereksinimi, Giyinme Yardımı Gereksinimi, Taşıma Yardımı Gereksinimi, Tuvalet Yardımı Gereksinimi ve Yemek Yardımı Gereksinimi kullanılırken, Kateter Kullanmayan Kişi Sayısı, Fiziksel Kısıtlamalar Kullanmayan Kişi Sayısı ve Basınç Yarası Olmayan Kişi Sayısı gibi kalite göstergelerine de yer verilmiştir. Analiz sonucunda, bakım evlerinde iş gücü ve kalite yönetimi alanlarında iyileştirme yapılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu çalışma,

Çoklu Amaçlı VZA'nın verimlilik analizi için daha ayrıntılı bir değerlendirme sunduğunu ve bakım evleri için ayırım yapıcı bir performans değerlendirmesi sağladığını göstermektedir.

Tlotlego ve diğ. (2010) Botsvana'daki 21 kamu hastanesinin teknik verimliliğini ve üretkenlik değişimini, Malmquist Veri Zarflama Analizi yöntemini kullanarak incelemiştir. Araştırmada Klinik Personel Sayısı ve Hastane Yatak Sayısı girdi olarak, Poliklinik Ziyaret Sayısı ve Yatan Hasta Günleri ise çıktı olarak ele alınmıştır. Çalışmanın sonucunda, verimlilikte %1.5 oranında bir düşüş olduğu ve bunun, teknolojik değişimdeki gerilemeden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Marschall ve Flessa (2011) Burkina Faso'da yürüttüğü çalışmada, bölgedeki birinci basamak sağlık merkezlerinin etkinliği çıktı odaklı Veri Zarflama Analizi yöntemi ile değerlendirmiştir. İki aşamalı Veri Zarflama Analizi kullanılan çalışmada, 24 birinci basamak sağlık merkezi ve bir küçük hastane örneklem olarak seçilirken, girdi olarak; personel maliyetleri, bina alanı, ekipman amortismanı ve aşılama maliyetleri kullanılmış, çıktı olarak ise; genel muayene sayısı, doğum sayısı, aşılama hizmetleri sayısı ve özel hizmetler (aile planlaması, prenatal ve postnatal danışmanlıklar) sayısı dikkate alınmıştır. Çalışmada, verimsizliğin başlıca sebebinin düşük talep ve sağlık tesislerinin büyüklüğünden kaynaklandığı; ayrıca coğrafi erişilebilirliğin verimlilik üzerinde kritik bir rol oynadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlar, sağlık hizmetlerine erişimi iyileştirmenin birinci basamak sağlık tesislerinin verimliliğini artırabileceğini ortaya koymaktadır.

Hu ve diğ. (2012) 2002-2008 döneminde Çin'deki 30 ilin sağlık etkinliğini değerlendirerek Çin'de uygulanan sağlık sigortası reformunun bu etkinlik üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Çıktıya dayalı CCR modeli ile gerçekleştirilen analizde, sağlık reformunun özellikle kıyı bölgelerin dışında kalan yerlerdeki etkinlik üzerinde pozitif etki yarattığı sonucuna varılmıştır. Çalışmada girdi olarak; doktor sayısı, sağlık teknikeri sayısı, diğer personel (idari personel) sayısı, hastane yatak sayısı ve sabit varlıklar kullanılırken, çıktı olarak; ayakta hasta ve acil servis ziyaretlerinin toplamı, yatan hasta gün sayısı ve istenmeyen çıktı olarak hasta ölüm oranı kullanılmıştır.

Gök ve Sezen (2013) Türkiye'deki 348 kamu hastanesinin verilerinden yararlanarak; hastanelerin teknik etkinliği ile ölçek etkinliğini ölçmüş; ayrıca hastane büyüklüğünün hasta memnuniyeti üzerindeki etkisini de incelemiştir. Bu araştırmada veri zarflama

analizinin CCR ve BCC modellerine başvurulurken girdi olarak hastane yatak sayısı, uzman hekim sayısı ve uzman olmayan hekim sayısına yer verilmiş, çıktı olarak yatak doluluk oranı, yatak devir hızı, toplam cerrahi operasyon sayısı, doğum sayısı, toplam ayakta tedavi sayısı, ortalama hastanede kalış süresi ve taburcu sayısından faydalanılmıştır. Çalışmada, küçük ölçekli hastanelerin daha yüksek teknik etkinlik seviyesine sahip oldukları, ancak yapısal kalite düzeylerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, yüksek etkinliğe sahip hastanelerde yapısal kalitenin hasta memnuniyeti üzerindeki etkisinin daha zayıf olduğu belirlenmiş ve bu ilişki hastane büyüklüğünün hasta memnuniyeti üzerindeki etkileri ile açıklanmıştır.

Kawaguchi ve diğ. (2014) Japonya’da belediye hastanelerindeki reform politikasının etkinliği ölçmüştür. Bu amaçla girdi odaklı dinamik-ağ veri zarflama analiz modeli kullanılırken, 2007-2009 yıllarını kapsayan 112 hastane verisinden yararlanılmıştır. Yönetim ve Tıp tarafı için ayrı olarak ayrıntılı analizler yapılmış; reform politikasının hastanelerin genel etkinliğinde pozitif bir iyileşme sağlamadığı sonucuna ulaşılmıştır. Yönetim tarafı için girdi olarak; yönetici/bakım personeli sayısı ve maliyetleri kullanılırken, çıktı olarak tıbbi gelir ele alınmıştır. Tıp tarafı için ise girdi olarak doktor, hemşire, yardımcı hemşire ve tıbbi teknolog sayısı kullanılırken, çıktı olarak ameliyat günü başına yatan hasta sayısı, ayakta hasta sayısı ve acil servis yatak sayısı değerlendirilmiştir.

Dotoli ve diğ. (2015) İtalya’nın Apulia bölgesinde bulunan kamu hastanelerinde sağlık reformlarının verimliliğe etkisini değerlendirmek amacıyla Çapraz Verimlilik Bulanık Veri zarflama analiz yöntemini kullanarak kapsamlı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmanın sonucunda sağlık reformlarının hastane verimliliğinde artış sağladığı ortaya konulmuştur.

Cheng ve diğ. (2016) Çin’in Hubei eyaletindeki 48 köy hastanesinde sağlık reformu öncesi ve sonrası dönemde teknik etkinlik ve verimlilik değişimlerini analiz etmek amacıyla, çıktı odaklı Veri Zarflama Analizi (CCR, BCC ve Malmquist Verimlilik Endeksi) yöntemini kullanmıştır. Çalışma, sağlık hizmetlerinin yönetiminde önemli bulgular sunmuş ve girdi olarak toplam tıbbi personel sayısı, diğer teknisyenlerin toplam sayısı, tıbbi olmayan personel sayısı ve aktif yatak sayısı ele alınırken, çıktı olarak; ayakta hasta ve acil servis ziyaretlerinin sayısı, yatan hasta sayısı, yönetim altındaki aile elektronik sağlık kayıtlarının sayısı ve kronik hastalık (hipertansiyon ve diyabet) yönetimi altında olan hasta sayısı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda hasta

ziyaretleri ve elektronik sağlık kayıtları kullanımı üzerinden, ortalama teknik etkinlik seviyesinin 0.51 olduğu ve teknolojik değişimlerdeki düşüşün verimlilik kaybına sebep olduğu ortaya konmuştur.

Khushalani ve Özcan (2017) ABD'deki hastanelerde sağlık hizmetlerinin maliyet ve kalite etkinliğini değerlendirmek amacıyla geliştirdikleri çalışmada, Dinamik Ağ Veri Zarflama Analizi yöntemini kullanarak sağlık hizmetlerinin üretim sürecini analiz etmiştir. 1259 karar verme biriminin kullanıldığı çalışmada, girdi olarak; Yatak sayısı, Hekim dışı çalışan sayısı ve Yatak başına toplam işletme giderleri değerlendirilirken, çıktı olarak; Vaka karışımı ayarlı taburculuklar, Toplam ameliyat sayısı, Acil servis ziyaretleri ve Ayakta tedavi ziyaretleri ele alınmıştır. Bu bağlamda, Dinamik Ağ Veri Zarflama Analizi modeli sayesinde elde edilen etkinlik skorları, ABD hastanelerinin kalite üretimindeki etkinliklerini göstermekte ve bu alanda yapılacak iyileştirmeler için referans oluşturmaktadır.

Stefko ve diğ. (2018) Slovakya'da sağlık tesislerinin bölgesel düzeyde teknik verimliliği değerlendirmiştir. Çıktı odaklı bir yaklaşımla Pencere modelinin uygulandığı çalışmada, 2008-2015 yılları arasındaki veriler kullanılarak sağlık sistemindeki bölgesel farklılıklar analiz edilmiştir. 64 karar verme birimi kullanılırken, girdi olarak; yatak sayısı, tıbbi personel sayısı, BT cihaz sayısı, MR cihaz sayısı ve tüm tıbbi cihazların sayısı kullanılırken, çıktı olarak; yatak doluluk oranı ve ortalama bakım süresi dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar, Slovakya sağlık sistemindeki bölgesel verimlilik düzeylerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

Omrani ve diğ. (2018) İran'ın 31 ilindeki toplam 288 hastaneyi, sağlık hizmetlerinin performansının değerlendirilmesi amacıyla; girdi odaklı Veri Zarflama Analizi ve oyun teorisine dayalı Shapley değeri yaklaşımları ile incelemiştir. Çalışmada kullanılan girdiler Personel Sayısı, Tıbbi Ekipman Sayısı ve Aktif Yatak Sayısı iken, çıktılar; yatan hasta sayısı, ayakta hasta sayısı, özel hasta sayısı ve yatak gün sayısı olarak belirlenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında Bulanık C-ortalamaları algoritması ile benzerlik gösteren hastaneler belirli kümeler ayrılmış, ardından her bir küme içinde çapraz verimlilik veri zarflama analizi modeli uygulanarak etkinlik puanları hesaplanmıştır. Sonuç olarak, Shapley değeri yaklaşımı ile verimli hastanelerin tam sıralamasının sağlanabileceği görülmüş ve bu yöntemlerin, sağlık sektöründe kaynakların daha etkin kullanılması ve performans yönetimi için karar vericilere yol gösterici olabileceği vurgulanmıştır.

Ahmed ve diğ. (2019) Asya ülkelerinin sağlık sistemlerinin verimliliğini değerlendirmek için çıktı odaklı bir Veri Zarflama Analizi kullanmıştır. 46 Asya ülkesinin değerlendirildiği çalışmada, Kişi başına sağlık harcaması girdi, doğumda beklenen sağlıklı yaşam süresi ve bebek ölüm oranını çıktı olarak ele alınmıştır. İlgili çalışmada CCR ve BCC modelleri uygulanırken, çalışma sonucunda ülkeler arasındaki verimlilik farklılıkları ortaya konmuş ve bazı sağlık sistemlerinin en iyi ölçeklerde faaliyet göstermediği tespit edilmiştir.

Rouyendegh ve diğ. (2019) Türkiye'deki 7 hastanenin verimlilik düzeylerinin ölçülmesi için çıktı odaklı veri zarflama analizini kullanmıştır. Araştırmacılar, VZA'ya ek olarak "bulanık analitik hiyerarşi süreci" modelini hibrit şekilde VZA ile birleştirmiştir. Girdiler olarak; doktor sayısı ve yatak sayısı, çıktılar olarak ise yatak oranı, toplam cerrahi operasyon sayısı ve hasta sayısı kullanılmıştır. Elde edilen bulgular, her bir hastanenin etkinlik düzeyini belirleyerek performanslarının karşılaştırılmasını sağlamış ve verimlilik farkları ile iyileştirme ihtiyaçlarını ortaya koymuştur.

Chen ve diğ. (2019) ABD Pensilvanya'daki 65 hastanenin 2005-2012 yılları arasında ekonomik durgunluk döneminde sergilediği etkinlik seviyelerini, Radyal olmayan ve girdi odaklı Russell Veri Zarflama Analizi modeli ile analiz etmiştir. Çalışmada hastanelerin toplam yatak sayısı, doktor ve hemşire sayıları, işsizlik oranı gibi girdiler kullanılmış; hasta yatışları, cerrahi operasyonlar ve acil servis ziyaretleri gibi çıktılar üzerinden performans değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda durgunluk sürecinin performans üzerinde küçük bir olumsuz etki bıraktığı, verimlilik seviyelerinin görece azaldığı gözlemlenmiştir.

Alatawi ve diğ. (2020) Suudi Arabistan'da 91 kamu hastanesinin teknik etkinliğini Veri Zarflama Analizi yöntemiyle değerlendirmiştir. Girdi odaklı olarak gerçekleştirilen çalışmada CCR ve BCC modelleri kullanılmıştır. Araştırmada, hastanelerin yatak sayısı, tam zamanlı doktor, hemşire sayısı ve sağlık personeli sayıları girdi olarak kullanılırken; ayakta hasta ziyaretleri, taburcu edilen hastalar, cerrahi operasyonlar, laboratuvar testleri, radyolojik incelemeler ve mortalite oranı çıktı olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, küçük hastanelerin büyük hastanelere göre daha verimli olduğunu, büyük hastanelerin ise verimliliklerini artırabilmeleri için kapasite küçültme ihtiyacı içinde olduklarını göstermektedir.

Habib ve diğ. (2020) Mısır'daki özel hastaneler üzerinde yaptıkları araştırmada, operasyonel ve finansal etkinliklerin değerlendirilmesi için Malmquist Veri Zarflama Analizini kullanmıştır. Çalışmada, girdi olarak; Doktor sayısı, Hemşire sayısı, Diğer personel sayısı, Yazılım değerleri, Yatak sayısı, Varlıkların toplam değeri ve Operasyonel harcamaların toplamı kullanılırken, çıktı olarak ise; Ayaktan hasta sayısı, Yatan hasta sayısı, Cerrahi işlemler, Gelir, Aktif Karlılığı ve Özsermaye Karlılığı yer almıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, yazılım programları ve operasyonel harcamalar etkinlik üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, birçok hastanenin teknik ve yönetsel iyileştirmelere ihtiyaç duyduğu tespit edilmiştir.

Li ve diğ. (2020) Çin'in Jiangsu Eyaleti'nde sağlık kaynaklarının verimliliği ve adaletinin analiz edilmesi amacıyla çıktı odaklı Veri Zarflama Analizi yöntemi kullanmıştır. Çalışmada BCC Model ve Malmquist üretkenlik endeksi uygulanarak, sağlık kurumlarının coğrafi ve demografik özelliklere göre kaynak tahsisinde adalet ve verimlilik düzeyleri ortaya konulmuştur. 13 şehirden oluşan örneklemde, Kişi başına düşen kurum, Kişi başına düşen yatak, Kişi başına düşen sağlık personeli, Kurumlara yapılan hükümet desteği ve Toplam harcama girdileri oluştururken, çıktı olarak; Poliklinik ziyaretlerinin sayısı, Hastaneye yatış oranı ve Genel gelirler dikkate alınmıştır. Sonuçlar, temel sağlık kaynaklarının coğrafi dağılımda daha adil olduğu, ancak teknolojik gerileme nedeniyle verimlilikte düşüş yaşandığını göstermiştir.

Pereira ve diğ. (2021) Portekiz'in ulusal sağlık sistemindeki ikincil sağlık hizmeti sağlayıcılarının etkinliğini Gevşeklik Tabanlı Ağ VZA modeli ve Monte Carlo simülasyonu kullanılarak analiz etmiştir. Çalışmada kullanılan örneklem 27 sağlık kurumu olup, etkinlik değerlendirmesinde; Ayarlanmış İşgücü Maliyetleri, İşletme Maliyetleri, Klinik Malzeme Maliyetleri ve Dış Kaynak Kullanım Maliyetleri girdileri, Yatarak Tedavi Edilen Hastalar, Planlanmış Ameliyat Sayısı, Acil Ameliyathane, Küçük Ameliyathane, Toplam Tıbbi Randevular ve Toplam Acil Müdahaleler ise çıktıları oluşturmuştur. Sonuçlar, Portekiz'in güney ve iç bölgelerinde etkin olmayan hastanelerin yoğunlukta olduğunu ve bu bölgelerde politik iyileştirmeler yapılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Kamel ve Mousa (2021) Mısır'daki Covid-19 izolasyon hastanelerinin operasyonel etkinliğini girdi odaklı veri zarflama analizi yöntemiyle incelemiştir. CCR, BCC, Çapraz verimlilik ve Süper verimlilik modelleri kullanılarak 26 hastaneden oluşan bir örneklemde; doktor, hemşire ve yatak sayısı girdileri, enfeksiyon, iyileşme ve ölüm

sayısı çıktıları oluşturmaktadır. Çalışma, CCR modeline göre 4, BCC modeline göre ise 12 hastanenin etkin olduğunu saptamış ve Tobit regresyon analizinin sonuçlarına göre hemşire ile yatak sayısının operasyonel etkinliğe anlamlı katkıda bulunduğunu ortaya konmuştur.

Alfiero ve diğ. (2021) İtalya'nın 16 bölgesindeki entelektüel sermaye unsurlarının sağlık sistemi performansı üzerindeki etkisini, Veri Zarflama Analizi'nin gevşeklik tabanlı CCR ve BCC modellerini kullanarak incelemiştir. Girdi olarak; tanısal araçların sayısı, Doktor ve hemşire sayısı, Düzenlenen eğitim kurslarının sayısı ve Hasta memnuniyeti düzeyi kullanılırken, çıktı olarak; Temel Hizmet Düzeyleri puanları ele alınmıştır. Çalışmanın sonucunda; insan ve yapısal sermayenin sağlık performansında belirleyici rol oynadığı, özellikle insan kaynaklarının etkin yönetimiyle daha yüksek performans düzeylerinin sağlandığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, sağlık hizmetlerinde entelektüel sermaye yönetiminin önemini vurgulamaktadır.

Mitropoulos (2021) ekonomik kriz sürecinde Avrupa Birliği ülkelerinin sağlık hizmetlerinin üretim ve kalite performansını İki Aşamalı Ağ Veri Zarflama modelini ve Malmquist indeksini kullanarak analiz etmiştir. 2009-2013 yıllarını kapsayan bu çalışmada 26 karar verme birimi kullanılırken, girdi olarak; Tıbbi Doktorlar, Hastane Yatakları ve Sağlık Harcamaları değerlendirilirken, çıktı olarak; Hasta sayısı, Ayakta Hasta Ziyaretleri, Karşılanamayan Talep, Bakım Kalitesi ve Hasta Güvenliği ele alınmıştır. İlgili çalışma; Avrupa ülkelerinin kriz karşısında sağlık hizmeti etkinliklerini nasıl iyiledikleri ve bazı ülkelerin üretim etkinliğini sağlarken kaliteyi nasıl göz ardı etmek zorunda kaldığını ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra sağlık sistemlerinde etkinliğin artmasına karşın bu artışın hizmet kalitesinde düşüşe neden olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, sağlık harcamalarının azaltılmasıyla etkinlik elde edilebileceğini, ancak bunun hizmet kalitesi üzerinde olumsuz etkiler yarattığını vurgulanmıştır.

Peykani ve diğ. (2022) ABD'deki 6 hastanenin 2010-2015 yılları arasındaki performansını değerlendirmek amacıyla, veri belirsizliği ile dilsel değişkenler içeren durumlarda, dinamik performans değerlendirmesi yapabilen, Güvenilirliğe Dayalı Bulanık Pencere Veri Zarflama yöntemini kullanmıştır. Çalışmada, yatak sayısı, iş gücü harcamaları ve hasta bakım malzemeleri gibi girdiler ile, ayakta ve yatarak tedavi

gören hasta sayısı ve hasta memnuniyeti çıktıları olarak kullanılarak, hastanelerin performans sıralaması yapılmış ve yöntemin etkinliği vurgulanmıştır.

Miszczynska ve Miszczyński (2022) Polonya sağlık sisteminin etkinliğini analiz etmiş, çıktı odaklı Pencere CCR ve Pencere BCC Veri Zarflama Analizi modellerini kullanarak, 16 idari bölgeyi (2013-2018 yılları arasında) incelemişlerdir. Çalışmada girdi olarak hane halkı sağlık harcaması payı, uzun süreli bakım harcamaları ve tıbbi personel sayısı, çıktı olarak ise kaçınılabilir ölüm oranı, bekleme listesindeki kişi sayısı, akreditasyonlu hastane sayısı, brüt satış kârlılığı ve FAVÖK kullanılmıştır. Sonuçlar, Polonya'daki sağlık sistemi etkinliğinin bölgesel farklılıklar gösterdiğini, akreditasyon sertifikaları, bekleme listesi uzunluğu ve tıbbi personel sayısının sağlık koruma etkinliğini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur.

Pereira ve diğ. (2022) SARS-CoV-2 pandemisinde ulusal sağlık sistemlerinin etkinliğini ölçmek amacıyla 55 ülkeyi içeren bir Ağ Veri Zarflama Analizi modeli geliştirmiştir. Çalışmada, sosyal bir perspektifle daha yüksek çıktı seviyelerine odaklanan ve finansal açıdan girdileri en küçüklemeyi amaçlayan iki yönlü bir analiz gerçekleştirilmiştir. Sağlık harcamaları, Covid-19 kit harcamaları, Dezenfeksiyon ve sterilizasyon harcamaları ve Oksijen ekipman harcamaları girdi olarak ele alınırken, Covid-19 da Evde iyileşenler, Covid-19 da Hastanede iyileşenler, Covid-19 da Yoğun bakımda iyileşenler, Covid-19 da Hastanede ölenler ve Covid-19 da Yoğun bakımda ölenler çıktı olarak değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçları, belirli ülkelerin pandemi yönetiminde diğerlerine kıyasla daha etkin olduğunu ve özellikle büyük nüfuslu ülkelerin genellikle daha düşük verimlilik puanları aldığını ortaya koymaktadır.

Liu ve diğ. (2022) Çin'deki pediatrik sağlık hizmetlerinin finansal etkinliğini, 2008-2019 yılları arasında 31 eyaletten toplanan veriler ışığında, Üç aşamalı gevşeklik tabanlı veri zarflama modelini kullanarak analiz etmiştir. Çalışmada, ekonomik, profesyonel ve teknolojik çevrenin pediatri hizmetleri üzerindeki etkinliği azaltmadaki rolü vurgulanarak, pediatri kaynaklarının yönetim kapasitesinin artırılması gerekliliği ortaya konulmuştur. Bu bağlamda, pediatrik hizmetlerde etkinliğin coğrafi olarak farklılık gösterdiği ve kaynakların etkili dağıtımıyla iyileştirmelerin sağlanabileceği belirtilmiştir. İlgili araştırma da girdi olarak; Pediatrik yatak sayısı, Pediatrik sağlık teknisyenleri sayısı, Pediatrik sağlık dışı teknisyenler sayısı, Devlet destek fonu büyüklüğü ve Pediatrik sağlık harcamaları kullanılırken, çıktı olarak; Pediatrik poliklinik ve acil vakalar, Taburcu edilen hasta sayısı, Toplam gelir, Uzmanlaşmış

üçüncül tıbbi kurum sayısı, Doktor-hasta anlaşmazlıklarının sıklığı ve Doktor-hasta anlaşmazlıklarından kaynaklanan ekonomik kayıplar ele alınmıştır.

Azadi ve diğ. (2023) İran’da Covid-19 pandemisi sırasında sağlık tedarik zincirlerinin sürdürülebilirliğini artırmak amacıyla, Ağ Veri Zarflama Analizi ve derin öğrenme yaklaşımını birleştirerek sağlık sektöründe uygulanabilir bir model geliştirmiştir. Çalışmada, Covid-19 hastalarının farklı sağlık tedavi aşamalarında ihtiyaç duyduğu ekipman ve ilaç miktarlarının doğru tahmini yaparak, sağlık tedarik zincirinin etkinliği artırılmıştır. Araştırma boyunca 38 karar verme birimi kullanılırken, girdi olarak; Tedarikçi hammadde maliyetleri, Tedarikçi Ekolojik tasarım maliyetleri, Tedarikçi çalışan güvenliği maliyetleri, Laboratuvar Çalışan güvenliği maliyetleri, Laboratuvar Personel maliyetleri, Laboratuvar Çevresel tasarım maliyetleri, Hastane çalışan güvenliği maliyetleri, Hastane personel maliyeti ve Hastane çevresel tasarım maliyeti kullanılmıştır. Çıktı olarak; Sağlanan ekipman ve ilaç miktarı, Doğru test sonuçları oranı, Yanlış test sonuçları oranı, Araştırma kalitesi, Kan oksijen seviyesindeki artış oranı ve Hipoksi oranı ele alınmıştır.

Pederneiras ve diğ. (2023) Portekiz’de kamu hastanelerinin sürdürülebilir performansını değerlendirirken, 29 kamu hastanesini “Performans ve Kaynak Entegre Karşılaştırması Veri Zarflama Analizi” modeliyle analiz etmiştir. Çalışmada, çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirlik bileşenleri temel alınarak, Personel Maliyetleri, İlaç Maliyetleri, Tüketim Maliyetleri ve Dış Kaynak Kullanımı Maliyetleri girdi olarak kullanılmıştır. Çıktı olarak ise; Randevu Zamanlaması Uygunluğu, Cerrahi İşlemlerin Zamanlaması, Hastane Yatış Süresi, Kan Dolaşımı Enfeksiyonları ve Ameliyat Sonrası Sepsis incelenmiştir. Sonuç olarak bazı hastanelerin sürdürülebilirlik açısından diğerlerine göre daha etkin olduğu ortaya konulmuştur.

Taleb ve diğ. (2023) Malezya’da acil servis ortamında insan kaynaklarının verimliliğini artırmayı hedeflemiştir. Araştırma bir simülasyonu ve bu similasyon ile Veri Zarflama Analizi entegrasyonunu kapsamaktadır. Çalışmada kullanılan Geliştirilmiş Russell Grafiği modeli, sistemin etkinliğini değerlendirmek için girdiler ve çıktılar arasında en iyi ilişkiyi bulmayı amaçlamıştır. Aralık Ayarlı Ölçüm modeli, sistemdeki girdi ve çıktı fazlalıklarını ve eksikliklerini daha hassas bir şekilde ölçmeyi sağlamıştır. Son olarak, Gevşeklik Tabanlı Ölçüm ise girdilerin azaltılması ve çıktılardaki yetersizliklerin giderilmesiyle etkinlik düzeylerini belirlemeye yönelik olarak kullanılmıştır. Bu üç modelin kullanıldığı çalışmada, 34 farklı senaryo

üzerinden acil servisteki resepsiyonist, hemşire ve doktorların etkinliği analiz edilmiştir. Çalışmanın bulguları, 3 resepsiyonist, 1 hemşire ve 3 doktorun en iyi kaynak dağılımı sağladığını ve bu dağılımın, hasta çevrim süresi ve bekleme süresi gibi performans göstergelerinde iyileşmeye yol açtığını göstermiştir.

Antunes ve diğ. (2023) Çin'in 2008-2017 yılları arasındaki sağlık sistemlerinin etkinliğini değerlendirmek için çıktı odaklı TEA-IS modelini kullanmıştır (Veri Zarflama Analizi ve Çok Kriterli Karar Verme modelinin birleştirilmesi ile ortaya çıkan yeni model). Lisanslı yardımcı doktor sayısı, Lisanslı doktor sayısı, Hemşire sayısı, Eczacı sayısı ve Yatak sayısı gibi girdiler ile, yatan ve ayakta hasta sayısı gibi çıktılar analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, yüksek sinerji seviyelerinin sağlık sistemleri performansında iyileştirici bir rol oynadığı, sürekli iyileştirme uygulamalarının performans üzerinde olumlu etkileri olduğu ve bu sinerji-performans ilişkisi dikkate alınarak sağlık politikalarının desteklenebileceği öne sürülmüştür.

Dlouhý ve Havlík (2024) 28 OECD ülkesinin sağlık sistem etkinliğini analiz ettikleri çalışmada, CCR ve BCC Veri Zarflama Analizi modellerini kullanarak ülkelerin sağlık çıktıları ile girdileri arasındaki etkinliği ölçmüşlerdir. Analizde Sağlık harcamalarının GSYİH'ye oranı, Her 1.000 kişi başına düşen doktor sayısı, Her 1.000 kişi başına düşen hemşire sayısı ve Her 1.000 kişi başına düşen hastane yatağı sayısı girdi olarak kullanılırken, Doğuşta beklenen yaşam süresi, Sağlıklı yaşam süresi ve Bebek ölüm oranı çıktı olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda; Türkiye, Polonya ve İsrail'in en etkin ülkeler olduğu; Çekya'nın ise düşük performans gösteren ülkeler arasında bulunduğu belirlenmiştir.

Lamesgen ve diğ. (2024) Etiyopya'nın Doğu Gojjam Bölgesi'ndeki 27 sağlık merkezinin teknik etkinliğini ölçmek için çıktı odaklı ve BCC temelli bir Veri Zarflama Analizi yöntemi kullanmıştır. Çalışmada girdi olarak; Yönetim personeli sayısı, Klinik personel sayısı, Yatak sayısı ve Tekrar eden malzeme harcamaları yer alırken, çıktı olarak Ayakta tedavi ziyaretleri, Yapılan sevkler, Nitelikli doğumlar, Aile planlaması ziyaretleri ve Tam aşılama çocuk sayısı kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, sağlık merkezlerinin %59.3'ü teknik açıdan etkin bulunmuş ve ortalama etkinlik skoru 0.899 olarak hesaplanmıştır.

Mahboub-Ahar ve diğ. (2024) İran'ın Tabriz kentindeki Chamran Sağlık Kompleksi'nde bulunan 5 sağlık merkezinin ekonomik performansını

değerlendirmiştir. Girdi odaklı Veri Zarflama Analizi kullanılan çalışmada, BCC modeli baz alınmıştır. Araştırmada Personel maaşları, Ekipman giderleri, Bina giderleri ve Kapsanan nüfus girdi olarak ele alınırken, hizmet sağlama süresi ise çıktı olarak değerlendirilmiştir.

Zeng ve diğ. (2024) Çin'in Chongqing bölgesindeki birinci basamak sağlık hizmetlerinin etkinliğini, ülkede hayata geçirilen sağlık reformlarının etkisini değerlendirmek amacıyla, gelişmiş bir Veri Zarflama Analizi yöntemi kullanarak ölçmüştür. Bu yöntemin içeriğinde Gevşeklik Tabanlı Ölçüm ve Yön Mesafesi Fonksiyonu modelleriyle birlikte Küresel Malmquist-Luenberger indeksi bulunmaktadır. Girdiler; doktor sayısı, hemşire sayısı ve yatak sayısı olarak belirlenirken, çıktılar; Ayakta tedavi sayısı, Yatarak tedavi sayısı, Ayakta Hasta Hizmetlerinin Oranı, Yatan Hasta Hizmetlerinin Oranı, Kişi Başı Ayakta Hasta Harcaması ve Kişi Başı Yatan Hasta Harcaması olarak ele alınmıştır. Sonuçlar, genel verimlilikte küçük bir düşüş olduğunu ancak yatay entegrasyon ve mali yatırımların bazı ilçelerde verimliliği artırmada etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Almeida (2024) Avrupa da bölgesel sağlık sistemlerinin Covid-19'a karşı dayanıklılığını ve etkinliğini incelemiştir. 173 karar verme birimi ile, Girdi odaklı Veri Zarflama Analizi kullanılarak yapılan çalışmada CCR ve BCC modelleri kullanılmıştır. Girdi seçiminde; Tıbbi doktor sayısı, hemşire sayısı ve hastane yatak sayısından faydalanılırken, çıktı olarak Yaşam beklentisi, Kaybedilmemiş Potansiyel Yaşam Yılları ve Standartlaştırılmış Hayatta Kalma Oranı değerlendirilmiştir. Çalışmada, sağlık sistemlerinde verimlilik artışı için dayanıklılıktan ödün gerektirdiği ve Covid-19 pandemisinin ölümler üzerindeki bölgesel etkilerinin anlaşılmasında ekonomik ve demografik faktörlerin rol oynadığı vurgulanmıştır.

Sağlık sektöründe etkinlik ölçümü ile ilgili literatürde yer alan çalışmaların sınıflandırılması Çizelge A.1'de sunulmaktadır. Çizelge A.1'de “Örneklem büyüklüğü: KVB sayısı x Girdi sayısı x Çıktı sayısı” formülü ile ifade edilmiştir.

## **2.2 Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar**

Bu başlıkta, Veri Zarflama Analizi'nin hastanelerin etkinlik düzeylerinin incelenmesinde nasıl konumlandığını ve hangi metodolojik yaklaşımlarla

zenginleştirildiğini ele alarak, farklı dönemlerde gerçekleştirilen çalışmalardaki bakış açıları, veri türleri, performans ölçütleri ve sonuçların yorumlanma biçimleri üzerinde durulacaktır.

Ozcan (1995) ABD'deki metropolitan alanlarda yerel hastane hizmeti sunumunun teknik etkinliğini çıktı odaklı veri zarflama analizi yöntemiyle incelemiştir. 319 örnekleme kapsayan bu analizde Gevşeklik Tabanlı CCR modeli benimsenirken, girdi olarak; Özel hizmetlerin toplam sayısı, Hastane yataklarının toplam sayısı, Çalışan sayısı ve Operasyonel Giderler ele alınırken, çıktı olarak ise taburcu sayısı ve ayakta tedavi sayısı kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda, yerel sağlık hizmetlerinde özellikle büyük metropoliten bölgelerde kaynakların verimsiz kullanıldığı, bu durumun ise sağlık harcamalarını ciddi oranda artırdığı belirlenmiştir.

Thanassoulis ve diğ. (1996) İngiltere'de perinatal bakım hizmeti sunan bölgesel sağlık otoritelerinin etkinliğini Veri Zarflama Analizi ile değerlendirmiştir. Çalışmada, CCR modeli kullanılırken, girdi olarak; Kadın Hastalıkları/Doğum personeli, Pediatri doktorları, Pratisyen hekim ücretleri, Ebe personeli ve Hemşireler, çıktı olarak ise; Doğum sayısı, Bölgede ikamet edenlerin doğum sayısı, Özel Bakım Bebek Ünitelerinde kalış süresi, Doğumda ağırlığı 1500 gram veya daha az olan bebek sayısı ve Kürtaj sayısı dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, 189 sağlık otoritesinin yalnızca 62'sinin etkin olduğu, geri kalanların ise kaynak kullanımında %20-30 tasarruf potansiyeline sahip olduğu ortaya konmuştur.

Ersoy ve diğ. (1997) Türkiye'deki akut genel hastanelerin teknik etkinliklerini Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemiyle incelemiştir. Çalışmada, girdi odaklı CCR modeli kullanılmış; girdi olarak Yatak sayısı, Uzman doktor sayısı ve Birinci basamak hekim sayısı, çıktı olarak ise Taburcu edilen hasta sayısı, Ayakta tedavi edilen hasta sayısı ve Ameliyat sayısı değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulgularına göre, 573 hastanenin yalnızca %9,4'ünün etkin olduğu, geri kalanların ise kaynak kullanımında önemli ölçüde iyileştirme potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir.

O'Neill (1998) Amerika Birleşik Devletleri'ndeki büyük şehir hastanelerinin (özellikle eğitim ve eğitim dışı hastaneler) etkinlikleri değerlendirmiştir. Girdi odaklı veri zarflama analizi yöntemi ile yürütülen çalışmada CCR, süper etkinlik ve çapraz etkinlik modelleri kullanılmıştır. Girdi olarak; Teknolojik hizmetler, yatak sayısı, tam zamanlı çalışan sayısı ve tedarik harcamaları kullanılırken, çıktı olarak; yatarak tıbbi

tedavi sayısı, yatarak cerrahi tedavi sayısı, ayaktan hasta sayısı ve eğitim gören tıp öğrencisi sayısı kullanılmıştır.

Athanassopoulos ve diğ. (1999) Yunanistan'daki genel hastanelerin etkinliğini değerlendirmek amacıyla yürüttükleri araştırmada Veri Zarflama Analizi kullanılarak, hastanelerin üretim ve maliyet etkinlikleri ölçmüştür. Çalışmada, Genel doktor sayısı, Cerrahi doktor sayısı, Laboratuvar doktor sayısı, Yönetim personeli sayısı, Hastane yatak sayısı, Toplam işgücü maliyetleri, İşgücü dışı maliyetler ve İlaç temini maliyetleri girdileri oluştururken, Genel hasta sayısı, Cerrahi hasta sayısı, Laboratuvar testi sayısı ve Klinik muayene sayısı ise çıktı olarak kullanılmıştır. CCR ve BCC modelleri ile yürütülen araştırma, şehir merkezindeki hastanelerin kırsal hastanelere göre kaynak kullanımında daha fazla verimsizlik yaşadığını ve bu nedenle kırsal hastanelerin etkinliklerinin artırılabilceğini göstermiştir.

Sommersguter-Reichmann (2000) Avusturya'daki hastane finansman reformunun hastane üretkenliği üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla, 22 hastaneyi örneklem olarak alarak, veri zarflama analizini kullanmıştır. Girdi odaklı Malmquist endeksi yöntemiyle yürütülen çalışmada, girdi olarak; Çalışan sayısı, Hastane yatağı sayısı ve Dış tıbbi hizmetlere yapılan harcamalar kullanılırken, çıktı olarak; Ayakta tedavi edilen hasta sayısı ve Hastane tarafından bildirilen toplam kredi puanı dikkate alınmıştır. Ayrıca çalışmada hastane verimliliğinde teknik etkinlik ve teknoloji değişiklikleri ayrı ayrı ele alınmıştır. Reform sonrası teknik etkinlikte belirgin bir iyileşme görülmemiş, fakat özellikle teknoloji alanında pozitif bir değişim kaydedilmiştir. Bu bulgular, Avusturya'daki hastane finansman sisteminin teknik verimlilik yerine teknolojiye dayalı üretkenlik artışı sağladığını göstermektedir.

Solaé ve Prior (2001) İspanya Katalonya'daki hastanelerinin verimlilik ve kalite değişimlerini değerlendirmek amacıyla, girdi odaklı Veri Zarflama Analizi yöntemi ve Malmquist Verimlilik Endeksi uygulamıştır. 20 genel hastaneden oluşan bir örneklem üzerinde yapılan analizde; sağlık personeli sayısı, diğer personel sayısı, yatak sayısı ve satın alma maliyetleri girdi olarak belirlenmiş; akut bakım gün sayısı, uzun süreli bakım gün sayısı, yoğun bakım gün sayısı, poliklinik ziyaretleri sayısı ve enfeksiyon oranı çıktı olarak kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, genel verimlilikte bir düşüş görülmüş olup, bu durum kalite artışları ile dengelenmiştir.

Steinmann ve Zweifel (2003) İsviçre hastanelerinin görel verimliliğini girdi odaklı Veri Zarflama Analizi yöntemi ile incelemiştir. Çalışmada VZA modeli olarak; CCR, BCC, Ağırlıklı CCR ve Ağırlıklı BCC modelleri kullanılmıştır. Bu dört farklı modelin kullanılması, hastanelerin farklı ölçeklerde verimliliğini (sabit ve değişken getiri altında) analiz etmeye, aynı zamanda kaynak kullanımı ve etkinlik kıstasları açısından ayrıntılı bir değerlendirme yapmaya imkan tanımıştır. 1993-1996 yılları arasında İsviçre'deki 89 hastaneye ait 310 gözlem üzerinden yapılan çalışmada, girdi olarak; Akademik personel sayısı, Hemşire sayısı, İdari personel, İşçilik dışı giderler ve Yatan hasta gün sayısı kullanılırken; çıktı olarak ise Tıbbi taburculuklar, Pediatrik taburculuklar, Cerrahi taburculuklar, Jinekolojik taburculuklar ve Yoğun bakım taburculuklarına yer verilmiştir. Çalışma sonucunda İsviçre hastanelerinin çoğunluğunun etkin olmadığı, verimlilik üzerinde devlet sübvansiyonları gibi teşviklerin etkili olduğu belirtilmiştir.

Kirigia ve diğ. (2004) Kenya'daki kamu sağlığı merkezlerinin teknik etkinliğini Veri Zarflama Analizi yöntemini kullanarak analiz etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada; girdi odaklı yaklaşımı benimseyerek, CCR ve BCC modellerini uygulamış ve sağlık merkezlerinin %44'ünün teknik olarak yetersiz olduğunu belirlemişlerdir. Çalışma, sağlık hizmetlerinin verimli kullanılabilmesi adına sağlık merkezlerinin girdileri azaltması veya çıktıları artırması gerektiğine dikkat çekmiş ve verimliliği artırmak için çeşitli öneriler sunulmuştur. Araştırmada girdi olarak; Klinik memurlar ve hemşireler, Fizyoterapist ve halk sağlığı görevlileri, Laboratuvar teknisyenleri ve laboratuvar teknolojistleri, Yönetim personeli, Maaş dışı harcamalar ve Yatak sayısı ele alınırken, çıktı olarak; Özel hastalık ziyaretleri sayısı, Doğum öncesi bakım ve aile planlaması ziyaretleri, Aşılama ve Diğer genel poliklinik ziyaretleri değerlendirilmiştir.

Gannon (2005) İrlanda'daki akut kamu hastanelerinin teknik etkinlik düzeylerini ölçmek amacıyla veri zarflama analizi ve stokastik sınır analizi yöntemlerini karşılaştırmalı olarak kullanmıştır. Çalışmada, Pencere Analizi modeli aracılığıyla 1995-2000 yılları arasında 60'tan fazla hastane üzerinde yürütülen analizler sonucunda, ilçe hastanelerinde etkinlik seviyesinin düştüğü, bölgesel/genel hastanelerde ise arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, veri zarflama analizi ve stokastik sınır analizi yöntemleri arasındaki karşılaştırma sonucunda, VZA yönteminin daha yüksek etkinlik skorları sunduğu ve stokastik sınır analizinin rastgele hataları daha iyi ayırt ettiği tespit edilmiştir.

Zere ve diğ. (2006) Namibya'daki kamu ve misyon hastanelerinin teknik etkinliğini girdi odaklı Veri Zarflama Analizi yöntemi ile ölçmüştür. Çalışmada CCR modelini kullanarak inceleme yapılırken, 30 hastane örneklem olarak alınmıştır. Toplam cari harcamalar, yatak sayısı ve hemşire sayısı girdileri, toplam ayakta tedavi ve yatan hasta gün sayısı ise çıktıları oluşturmaktadır. Araştırma, hastanelerin ortalama teknik etkinlik seviyesinin %75'in altında olduğunu, teknik ve ölçek etkinliği eksikliklerinin hastanelerin verimliliğini düşürdüğünü ortaya koymuş ve iyileştirme önerileri sunmuştur.

Aletras ve diğ. (2007) Yunanistan Ulusal Sağlık Sistemi'ne bağlı genel hastanelerin teknik ve ölçek verimliliklerini Veri Zarflama Analizi kullanarak incelemiştir. Çalışmada, CCR ve BCC modelleri uygulanmış; girdi olarak tıbbi personel sayısı, diğer personel sayısı ve yatak kapasitesi, çıktı olarak ise vaka karışımı düzeltilmiş yatan hasta sayısı, ayakta hasta ziyaretleri ve cerrahi operasyon sayısı kullanılmıştır. Araştırma sonuçları, reformların kısa vadede beklenen verimlilik artışını sağlamadığı ve hastanelerin önemli ölçüde verimlilik kaybı yaşadığını göstermiştir.

Akazili ve diğ. (2008) Gana'daki kamu sağlık merkezlerinin teknik etkinliğini Veri Zarflama Analizi yöntemiyle incelemiştir. Çalışmada, girdi olarak; klinik ve klinik dışı personel sayısı, yatak sayısı ve ilaç/malzeme harcamaları yer alırken, çıktı olarak; poliklinik ziyaretleri, doğum öncesi bakım hizmetleri, doğum sayısı, aşılardan kaçan çocuk sayısı ve aile planlaması ziyaretleri değerlendirilmiştir. BCC modelinin kullanıldığı çalışmada, 89 sağlık merkezinin %65'inin teknik açıdan verimsiz olduğu ve mevcut kaynaklarla %43'e kadar tasarruf edilebileceği belirlenmiştir.

Ancarani ve diğ. (2009) İtalya'da 48 hastane servisinin verimliliğini veri zarflama analizi yöntemini kullanarak değerlendirmiştir. Çalışma çıktı odaklı olup, CCR ve BCC modelleri ile hastane servislerinin teknik verimlilikleri ortaya konmuştur. Girdi olarak; Yatak sayısı, Ameliyat salonu kullanım süresi, Sağlık personeli sayısı, Tıbbi olmayan personel sayısı ve Bakım maliyetleri değerlendirilirken, çıktı olarak ise; Akut ve uzun süreli bakım ağırlıklı taburcu sayısı, Gününbirlik yatış sayısı ve Poliklinik hizmeti verilen hasta sayısı değerlendirilmiş, yönetsel değişikliklerin verimlilik üzerindeki etkisi detaylı bir şekilde analiz edilmiştir.

Kristensen ve diğ. (2010) Danimarka'daki kamu hastanelerinin maliyet etkinliğini ve potansiyel birleşme kazançlarını analiz etmek amacıyla; girdi odaklı, BCC ve CCR

Veri Zarflama Analizi modellerini uygulamışlardır. İlgili çalışmada, 2004 yılına ait 36 kamu hastanesinin operasyonel maliyetleri girdi olarak analiz edilirken, yatarak tedavi gören hasta sayısı, ayakta tedavi gören hasta sayısı ve gri alan hasta sayıları çıktı olarak hesaba katılmıştır. Sonuçlar, bazı birleşmelerin maliyet etkinliğini artırabileceğini, ancak bazı birleşmelerde ise maliyet artışlarına sebep olabileceğini göstermiştir.

Al-Shayea (2011) Suudi Arabistan'da Kral Halid Üniversitesi Hastanesi'nde 9 farklı departmanın etkinliğini, Veri Zarflama Analizi yöntemi ile analiz etmiştir. Çalışmada çıktı odaklı CCR modeli uygulanırken, doktor ve hemşire maaşları girdi, hizmet verilen hasta sayısı, yatak verimliliği ve hasta devir süresi ise çıktı olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda bazı departmanlar %100 etkin bulunurken, düşük etkinliğe sahip departmanların girdilerinde azaltımaya gidilerek etkinliklerinin artırılabilirliği vurgulanmıştır.

Ben-Arieh ve Gullipalli (2012) ABD'nin Kansas eyaletindeki 22 kırsal kliniğin teknik etkinliklerini ölçmek amacıyla girdi odaklı veri zarflama analizini kullanmıştır. Bulanık Veri Zarflama modeli ile yürütülen bu çalışmada araştırmacılar; eksik veri sorununu çözmek amacıyla Bulanık C-ortalamları kümeleme ve Optimal Tamamlama Stratejisi algoritmasını kullanarak bu sorunu ortadan kaldırmaya çalışmıştır. Girdi olarak; Tıbbi personel giderleri, Tesis giderleri, Tam zamanlı idari personel sayısı ve Hemşire personel sayısı değerlendirilirken, çıktı olarak; Toplam tıbbi ziyaret, Tahsil edilen kişisel ödeme miktarı ve Eyalet desteği miktarı kullanılmıştır. Bu araştırma sonucunda eksik verilerin etkinlik skorlarını en küçük hata ile tamamlayabildiği gösterilmiştir.

Mitropoulos ve diğ. (2013) Yunanistan'daki kamu hastanelerinin etkinliğini girdi odaklı Veri Zarflama Analizi yöntemiyle, CCR ve BCC modellerini kullanarak analiz etmiştir. 96 kamu hastanesini kapsayan bu çalışmada, Doktor sayısı, Laboratuvar doktoru sayısı, Hemşire sayısı, İdari personel sayısı, İK Harcamaları, Tedarik harcamaları ve Operasyonel maliyetleri girdileri oluştururken, Patolojik kliniklere yapılan yıllık hasta sayısı, Cerrahi kliniklere yapılan yıllık hasta sayısı, Ameliyat sayısı, Poliklinik ziyaret sayısı ve Laboratuvar testleri sayısı çıktıları oluşturmuştur. Sonuçlar; hastanelerin üretim ve ekonomik verimliliğinin çevresel faktörlerden etkilendiğini göstermiştir. Ayrıca, büyük hastanelerin ölçek ekonomilerini sağlamakta zorlandığı gözlemlenmiştir.

Torabipour ve diğ. (2014) İran'ın Ahvaz bölgesindeki 12 hastaneyi Veri Zarflama Analizi (VZA) ve Malmquist endeksleri kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada, girdi odaklı ve BCC modeli benimsenmiştir. Girdi olarak; hemşire sayısı, dolu yatak sayısı ve hekim sayısı, çıktı olarak ise; ayakta tedavi edilen hasta sayısı, yatarak tedavi edilen hasta sayısı, ortalama hastanede kalış süresi ve büyük ameliyat sayısı kullanılmıştır. Sonuçlar, hastanelerin toplam üretkenlik değişiminde teknolojik verimlilik değişimlerinin en büyük etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Gholami ve diğ. (2015) ABD'de 187 hastane üzerinde Bilgi Teknolojileri yatırımlarının operasyonel etkinlik ve sağlık hizmeti kalitesi üzerindeki etkisini çıktı odaklı İki Aşamalı Çift Önyükleme Veri Zarflama modeli kullanarak incelemiştir. Bu çalışmada, Bilgi Teknolojileri yatırımlarının sağlık hizmeti kalitesi üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu ve sağlık hizmeti kalitesinin operasyonel etkinliği pozitif yönde etkilediği belirlenmiştir. Ayrıca, Bilgi Teknolojileri yatırımlarının operasyonel etkinlik üzerindeki etkisinin U-şekilli bir ilişkiyle azalan getiriler gösterdiği saptanmıştır. Çalışmada girdi olarak; Yönetim ve genel giderler, Ücretler ve geçici hemşireler için ödenen ücretler, Tam zamanlı çalışanların toplam sayısı, Hastanenin toplam cari ve uzun vadeli varlıklarının toplamı ve Hizmetteki toplam yatak sayısından yararlanılırken, çıktı olarak; Net hasta geliri, Toplam yatan hasta geliri, Toplam hasta kabul sayısı ve Toplam hasta yatış gün sayısı değerlendirilmiştir.

Chowdhury ve Zelenyuk (2016) Kanada'nın Ontario bölgesindeki hastane hizmetlerinin üretim performansını Veri Zarflama Analizi ile incelemiştir. Çalışmada, iki aşamalı VZA yöntemi benimsenmiş ve ilk aşamada Veri Zarflama Analizinin BCC modeli ile etkinlik skorları tahmin edilirken, ikinci aşamada kırılmış regresyon ve çift önyükleme yöntemleri kullanılmıştır. Girdi olarak; idari personel saatleri, hemşirelik saatleri, personel yatak sayısı, tıbbi-cerrahi malzeme maliyetleri, tıbbi olmayan malzeme maliyetleri ve ekipman giderleri; çıktı olarak ise ayakta tedavi ziyaretleri ve vaka karışımı ağırlıklı yatan hasta günleri dikkate alınmıştır. Sonuçlar, kırsal ve küçük ölçekli hastanelerin kentsel ve büyük ölçekli hastanelere kıyasla daha verimli olduğunu, ancak eğitim hastanelerinin diğer hastane türlerine göre daha yüksek etkinlik seviyesine sahip olduğunu göstermiştir.

Jia ve Yuan (2017) Çin'de branş hastanelerinin kurulmasının operasyonel etkinlik üzerindeki etkileri dinamik bir bakış açısıyla analiz etmiştir. Çalışmada, Veri Zarflama Analizi'nin çıktı odaklı CCR ve BCC modelleri kullanılarak; teknik verimlilik, saf

teknik verimlilik ve ölçek verimliliği değerlendirilmiştir. Ayrıca, Pencere Analizi yöntemi ile her üç yıllık dönem bir "pencere" olarak ele alınarak hastanelerin verimlilik değişimleri zamana göre karşılaştırılmıştır. Araştırmada girdi olarak; Personel Sayısı ve Yatak Sayısı ele alınırken, çıktı olarak Ayakta ve Acil Servis Hasta Sayısı, Taburcu Edilen Hasta Sayısı ve Ortalama Yatış Süresi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; branş hastanelerinin kurulmasının kısa vadeli bir verimlilik düşüşüne neden olduğu ancak uzun vadede operasyonel etkinliklerinin genel olarak iyileştiği ve özellikle ölçek verimliliğini arttırdığı görülmüştür. Bu bulgular, çok branşlı hastane yönetimi ve gelişimi için stratejik karar alma süreçlerinde önemli bir rehberlik sağlamaktadır.

Ibrahim ve Daneshvar (2018) Lübnan'daki sağlık sisteminin etkinliğini Modifiye Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemi ile değerlendirmiştir. Çalışmada, girdi olarak; sağlık harcamaları, her 1.000 kişiye düşen hastane yatak sayısı, çıktı olarak ise; doğumda beklenen yaşam süresi, anne ölüm oranı, bebek ölüm oranı ve yeni HIV enfeksiyonu tanısı alan kişi sayısı kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, 16 yıllık dönemde yalnızca dört yılın tam etkin olduğu, diğer yılların ise kaynak kullanımında iyileştirme potansiyeline sahip olduğu tespit edilmiştir.

Guerrini ve diğ. (2018) İtalya'nın Veneto bölgesindeki hastanelerin sahiplik yapısının (özel veya devlet) etkinlik üzerindeki etkisini incelemiş ve özel hastanelerin kamu hastanelerine kıyasla daha yüksek verimlilik ve maliyet tasarrufu sağladığını belirlemiştir. Çalışmada, girdi odaklı Veri Zarflama Analizi yöntemi ile İki ve Üç Aşamalı VZA modelleri kullanılarak, 2011-2012 yıllarına ait verilerden yararlanılmış ve 72 hastane (52 kamu, 20 özel) analiz edilmiştir. Araştırma boyunca; operasyonel maliyetler ve yatak sayısı girdi, hastaneye yatış geliri, muayene geliri ve acil başvurusu sayısı çıktı olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışma, özel hastanelerin etkinlik performansında kamu hastanelerinden üstün olduğunu göstererek sahiplik yapısının etkinlik üzerindeki belirleyici rolünü vurgulamaktadır.

Ahmed ve diğ. (2019) Bangladeş'teki ilçe hastanelerinin teknik etkinliğini ölçmek amacıyla veri zarflama analizi kullanılmış ve 62 hastaneden oluşan bir örneklem üzerinden araştırma yürütülmüştür. Çalışmada girdi olarak; hastane yatak sayısı, doktor ve hemşire sayısı; çıktı olarak ise en az 4. doğum öncesi bakım alan kadın sayısı, Normal doğum sayısı, Sezaryen doğum sayısı, Doğum sonrası bakım alan kadın sayısı, Ayakta tedavi hizmeti ziyaretleri ve Yatarak tedavi hizmeti alan hastalar gibi

göstergeler değerlendirilmiştir. Girdi odaklı CCR ve BCC veri zarflama analizi kullanılarak yapılan analizde %79 CCR ve %92 BCC etkinlik oranları bulunmuş; etkin olmayan hastanelerin kaynak kullanımı ve yönetim stratejilerinde iyileştirmeler yaparak etkinliği artırabilecekleri vurgulanmıştır.

Peykani ve diğ. (2019) ABD'nin Virginia eyaletinde, Sağlık ve İnsan Hizmetleri Departmanı'na bağlı 38 hastanenin verimliliğini değerlendirmek amacıyla, ayarlanabilir bir bulanık veri zarflama analizi modeli kullanarak, hastane performansını analiz etmişlerdir. Bu çalışmada, Yatak sayısı, İşgücü giderleri, Hasta bakım malzemeleri ve diğer giderler girdileri temsil ederken, Ayakta tedavi sayısı, Yatarak hasta kabul sayısı ve Hasta memnuniyeti çıktıları temsil etmektedir. Sonuçlar, Ayarlanabilir Bulanık VZA modelinin, hastane etkinliğini değerlendirmek ve karşılaştırmak için esnek ve uygulanabilir bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Zare ve diğ. (2019) 17 sağlık merkezinden oluşan örnekleme, İran'daki sağlık merkezlerinin etkinliğini artırmak amacıyla veri zarflama analizi ve oyun teorisi ile hibrit bir performans değerlendirme modeli geliştirmiştir. Çalışmada, sağlık merkezlerinin iş gücü ve hedef nüfusa dayalı olarak verimlilik puanları BCC-I modeli ile hesaplanmış ve merkezlerin kaynak yönetim stratejilerini en iyilemeye yönelik öneriler sunulmuştur. Girdi olarak; Çocuk / Kadın / Gebe / Yaşlı / Okul / Hastalık / Tıbbi için Aile sağlığı personeli ve hekim sayısı ve Hedeflenen Çocuk / Kadın / Gebe / Yaşlı / Okul / Hastalık / Tıbbi popülasyonu kullanılırken, çıktı olarak; Çocuk bakım hizmeti sayısı, Aile planlaması hizmeti ve diğer bakımların sayısı, Gebelik öncesi sonrası bakım hizmeti sayısı, Yaşlı eğitimi oturum sayısı, Denetlenen öğrenci sayısı, Uygulanan aşı sayısı, Kolera numune sayısı, Diyabet ve hipertansiyon hastası sayısı ve Muayene hasta sayısı kullanılmıştır.

Yang ve diğ. (2020) Tahran Üniversitesine bağlı 13 hastanenin etkinliğini ölçmek için Veri Zarflama Analizinin TSVNN-CCR (Üçgen tek değerli nütrosifik CCR) modelini kullanmıştır. Çalışmada, hastanelerin doktor sayısı ve yatak sayısı girdiler olarak, yıllık toplam hasta yatış gün sayısı, poliklinik ziyaret sayısı ve hasta memnuniyeti ise çıktılar olarak ele alınmıştır. Çalışma sonucunda, TSVNN-CCR modelinin belirsizlik içeren durumlarda klasik modellerden daha ayrıntılı ve gerçekçi sonuçlar verdiği ve sağlık hizmetlerinde etkinlik ölçümünde kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Top ve diğ. (2020) Afrika'daki 36 ülkenin sağlık sistemlerinin etkinliğini Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemiyle incelemiştir. Çalışmada, girdi değişkenleri olarak; toplam sağlık harcamalarının GSYİH'ye oranı, 10.000 kişi başına düşen doktor, hemşire ve hastane yatağı sayısı, işsizlik oranı ve Gini katsayısı kullanılırken, çıktı değişkenleri olarak; doğumda beklenen yaşam süresi ve bebek ölüm oranının tersi ele alınmıştır. Analizde girdi odaklı BCC modeli kullanılmış ve 36 ülkeden 21'inin sağlık sistemlerinin etkin olduğu tespit edilmiştir. Gini katsayısı ve hemşire sayısının, etkin olmayan ülkelerde sağlık sistemlerinin verimliliğini olumsuz etkilediği belirlenmiştir.

Orsini ve diğ. (2021) İtalya'nın Veneto bölgesindeki kamu hastanelerinin etkinliğini çok aşamalı Veri Zarflama Analizi (VZA) ile değerlendirmiştir. Çalışmada, CCR modeli tercih edilerek girdi yönelimli bir analiz yapılmıştır. Girdi olarak; yatak sayısı, tıbbi, hemşirelik, idari ve teknik personel ile işletme maliyetleri, çıktı olarak ise; poliklinik ve yatan hasta sayıları, ilgili gelirler, yatak doluluk oranı, mortalite oranı ve uygunsuz hasta kabul oranı ele alınmıştır. Analiz sonucunda, hastanelerin %95'in üzerinde bir etkinlik seviyesinde çalıştığı, ancak özellikle idari ve teknik personel kaynaklarının yeniden yapılandırılmasının etkinliği artırabileceği belirlenmiştir.

Lin ve diğ. (2021) Tayvan'daki üçüncü basamak hastanelerin operasyonel verimliliğini girdi odaklı Veri Zarflama Analizi ve iki aşamalı Tobit regresyon yöntemiyle değerlendirmiştir. Çalışmada, toplam hastane yatakları, toplam doktor sayısı, brüt ekipman değeri, sabit kıymetlerin net değeri, acil hasta yatış süresi (48 saati geçen acil transfer oranı) değişkenleri girdi olarak ele alırken, bütçe fazlası veya açığı, yatış süresi, ayakta tedavi hizmetleri için toplam göreceli değer birimi, yatarak tedavi hizmetleri için toplam göreceli değer birimi, kişisel ödeme geliri ve düzeltilmiş FAVÖK çıktı olarak ele alınmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında, Tobit regresyonu kullanılarak çevresel veya kalite değişkenlerinin hastane etkinliği üzerindeki etkisi incelenmiş ve bu değişkenlerin etkinliği nasıl etkilediğine dair önemli bulgular sunulmuştur. Çalışma sonucunda özellikle yatak doluluk oranı ve sabit kıymet devir hızının verimliliği artırmada önemli bir rol oynadığını göstermiştir.

İlgün ve diğ. (2022) Türkiye'deki anne ve çocuk sağlığı hastanelerinin 2014-2017 yılları arasındaki etkinlik seviyelerini, İki aşamalı veri zarflama analizi kullanılarak değerlendirmiştir. Girdi odaklı CCR ve Malmquist Üretkenlik endeksi modelleri çerçevesinde yapılan bu değerlendirmede, hastanelerin etkinliği; yatak sayısı ve hekim

sayısı girdileri ile ayakta tedavi, yatan hasta, ameliyat ve doğum sayısı gibi çıktıları ile ölçülmüştür. Çalışma bulgularına göre, şehir dışında yer alan ve 200 yataktan fazla kapasiteye sahip hastanelerin etkinlik seviyelerinin daha düşük olduğu ortaya konmuş olup, araştırma hastanesi olma durumunun ise etkinlik seviyelerine anlamlı bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Izadikhah (2022) İran'ın Markazi eyaletindeki hastanelerin sağlık hizmeti etkinliğini, girdi odaklı Bulanık Stokastik Gevşeklik Tabanlı Veri Zarflama Analiz modelini kullanarak değerlendirmiştir. Çalışmada 11 hastane değerlendirilirken girdi olarak; Toplam Doktor Sayısı, Hemşire Sayısı, Hastane Yatak Sayısı kullanılmıştır. Çıktı olarak ise; Toplam Yatan Hasta Ziyaretleri, Toplam Ayakta Hasta Ziyaretleri ve Cerrahi Operasyon Sayısı ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda "Komijan" hastanesinin en etkin, "Delijan" hastanesinin ise en düşük performansı sergilediğini ortaya koymuştur.

Omrani ve diğ. (2022) belirsizlik altında karar birimlerinin etkinliğini değerlendirmek için, Bulanık Sağlam Güvenilirlikli Veri Zarflama Analizi modelini kullanarak, İran'ın kuzeybatısındaki 28 hastanenin etkinliğini analiz etmiştir. Bu model, “bulanık” veri teorisi ve “sağlam” optimizasyonu entegre ederek, belirsizlik altındaki verimlilik skorlarının güvenilirliğini sağlamak amacıyla güven seviyelerine dayalı bir analiz sunmaktadır. Çalışmada girdi olarak; Personel sayısı, Tıbbi ekipman sayısı ve Aktif yatak sayısı kullanılırken, çıktı olarak; Yatan hasta sayısı, Ayakta hasta sayısı, Özel hasta sayısı ve Yatak-gün sayısı değerlendirilmiştir.

Hajiagha ve diğ. (2023) tarafından yapılan çalışmada, İran'daki kamu hastanelerinin etkinliğini ölçmek için Üç aşamalı Veri Zarflama Analizi yaklaşımı (PCA-FA-TLDEA) uygulanmıştır. Çalışmada, öncelikle girdileri ve çıktıları azaltmak ve ilişkilerini belirlemek amacıyla Temel Bileşenler Analizi (PCA) kullanılmış, ardından bu bileşenlerin hiyerarşik yapısını oluşturmak için Faktör Analizi (FA) uygulanmıştır. Son olarak, iki seviyeli Veri Zarflama Analizi (TLDEA) yöntemiyle, hastanelerin göreceli etkinlikleri değerlendirilmiştir. Örneklem, 11 kamu hastanesi olup, analiz girdi odaklı olarak gerçekleştirilmiştir. Hastanelerin verimliliğini değerlendirmek için, girdi olarak; Yatak sayısı, Doktor sayısı, Hemşire sayısı, İdari personel sayısı, Harcamalar, Bina sayısı, Yardımcı hizmetler, Destek hizmetleri, Tıbbi hizmetler, Teknik çalışan sayısı, İlaçlar, Yemek dağıtımları, Toplam varlıklar, Ölen hasta sayısı, Laboratuvar teknisyenleri ve Hastane alanı ele alınırken, çıktı olarak; Ameliyat sayısı,

Acil operasyon sayısı, Ayakta hasta sayısı, Kalış süresi, Konsültasyon vakaları, Toplam gelir, Kabul edilen hasta sayısı, Doğumlar, Hastanede yatan hasta sayısı, Taburcu edilen hasta sayısı dikkate alınmıştır. Çalışmada, dört hastanenin tam verimli olduğu ve diğerlerinin çeşitli verimsizlik türleri taşıdığı saptanmıştır.

Çınarlıoğlu (2023) Türkiye'deki sağlık sisteminin etkinliğini ölçmek için il ve bölge bazında sağlık performansını değerlendirmiştir. 81 ili ve 7 coğrafi bölgeyi kapsayan örneklem üzerinde yürütülen çalışmada, girdi odaklı bir Veri Zarflama Analizi kullanılmış, 3 farklı modelle analiz edilmiştir. Çalışmada, 100,000 kişi başına düşen hekim sayısı, hemşire sayısı ve hastane sayısı girdi olarak, ölüm oranı ve sağlık hizmetleri memnuniyeti ise çıktı olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda; Bulanık Veri Zarflama Analizi modelinin belirsizliklerin bulunduğu sağlık hizmet ortamında, geleneksel Veri Zarflama yöntemlerinden daha güvenilir sonuçlar sunduğu ve gelişmiş bölgelerde sağlık sistem etkinlik skorlarının daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Azadi ve diğ. (2023) Covid-19 pandemisi sürecinde sağlık hizmetleri tedarik zinciri performansını değerlendirmek için Ağ Veri Zarflama Analiz modelini kullanmıştır. Bu model, tedarik zincirinin birbirine bağlı ve karmaşık yapısını yansıtmak amacıyla iki aşamalı bir ağ yapısını içermektedir. Ayrıca, girdi, çıktı ve ara ölçütlerde doğrusal olmayan verimsizlikleri değerlendirebilmek için Ağ Veri Zarflama Analiz çerçevesinde, Menzil Yön Ölçümü (RDM) yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem, oran, tamsayı, stokastik ve istenmeyen veri türlerini içerecek şekilde çeşitli veri tiplerini yönetebilme imkânı tanımıştır. Bunun sayesinde çalışma, farklı sağlık birimlerinde iyileştirme alanlarını belirleyerek, pandemi gibi kriz dönemlerinde etkinlik ve dayanıklılığı artırmaya yönelik stratejik bir yaklaşım önermektedir. İlgili araştırmada girdi olarak; Tedarikçilerden gelen malzemeler ve ekipmanlar, Gerçek ve tamsayı veri türleri, Stokastik girdiler, Oransal girdiler, Tedarik zincirinden gelen ara ürünler veya kaynaklar ve Negatif değerler ele alınırken, çıktı olarak Sürdürülebilirlik ve dayanıklılığı artıran çıktı değerleri, Atıklar / kayıplar gibi negatif çıktılar ve Tedarik zincirinin farklı aşamalarından elde edilen somut sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çınaroğlu (2024) Türkiye'deki kamu hastanelerinin teknik etkinliklerini analiz etmek için girdi-çıktı odaklı Önyüklemeli Veri Zarflama Analizi modelini kullanarak detaylı bir değerlendirme sunmuştur. Çalışmada, hastanelerin teknik etkinliklerinin ölçümü için toplamda 628 kamu hastanesi örneklem olarak alınmış; Yatak sayısı ve Doktor sayısı gibi girdiler ile yatan hasta ve ameliyat sayısı gibi çıktılar dikkate alınarak

etkinlik puanları hesaplanmıştır. Sonuçlar, önyükleme yöntemi ile sapmaları düzeltilmiş olarak yorumlanmıştır.

Lindaas ve diğ. (2024) Norveç'teki kamu hastane birimlerinin 2011-2019 yılları arasındaki etkinlik seviyelerini değerlendirmek amacıyla Veri Zarflama Analizi tabanlı bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, Veri Zarflama Analizinin Önyüklemeli modeli kullanılarak hastane etkinliği analiz edilmiş ve “Yeni Halk Yönetimi” reformlarının etkinlik üzerindeki etkileri incelenmiştir. Girdi olarak hasta tedavi maliyetleri ve toplam sermaye maliyetleri kullanılırken, çıktı olarak Acil yatarak tedavi taburculukları, Seçmeli yatarak tedavi taburculukları, Gündüz bakımı tedavisi ve Ayakta tedavi ziyaretleri ele alınmıştır. Çalışmada, teşvik mekanizmalarının hastane etkinliğini artırdığı, ancak rekabetin etkinlik üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Visintin ve diğ. (2024) İtalya'daki 54 kamu hastanesinin radyoloji birimlerinin etkinliğini ölçmek için, Çıktı odaklı İki Aşamalı Önyükleme Veri Zarflama Analiz modelini kullanmıştır. Çalışmada radyolog sayısı, radyoloji teknisyeni sayısı, hemşire sayısı, MR cihazı sayısı, röntgen cihazı sayısı ve BT cihazı sayısı gibi girdiler ile, çekilen MR sayısı, çekilen röntgen sayısı ve çekilen BT tarama sayıları çıktılar olarak değerlendirilmiştir. Bulgular, çıktı çeşitliliğinin etkinliği olumlu etkilediğini, ancak ileri teknoloji yatırımlarının etkinliği azaltabileceğini göstermektedir.

See ve diğ. (2024) Malezya'daki kamu hastanelerinin çok dönemli etkinliklerinin ölçülmesi amacıyla, Çok Dönemli Ağ Veri Zarflama modelini kullanmıştır. Girdi olarak; yatak sayısı, doktor sayısı, hemşire sayısı, ilaç giderleri ve ilaç dışı giderler kullanılırken, çıktı olarak acil servis ziyareti ve ayakta hasta ziyareti sayısı ile yatan hasta ziyareti sayısı değerlendirilmiştir. Makalede Malezya'daki kamu hastanelerinin eyalet bazında verimliliklerini karşılaştırarak genel bir verimlilik puanı elde edilmiştir. Ayrıca, daha az gelişmiş eyaletlerin daha gelişmiş eyaletlerle karşılaştırıldığında daha iyi performans gösterebildiği sonucuna varılmıştır.

Hastanelerin etkinlik ölçümü ile ilgili literatürde yer alan çalışmaların sınıflandırılması Çizelge A.2'de gösterilmiştir. Çizelge A.2'de “Örneklem büyüklüğü: KVB x Girdi x Çıktı” formülü ile ifade edilmiştir.



### 3. METODOLOJİ

Bu bölümde, tez kapsamında temel alınan Veri Zarflama Analizi (VZA) yaklaşımı ve ilgili kavramlar detaylı biçimde ele alınmaktadır. Öncelikle VZA'nın ne olduğu ve hangi amaçlarla kullanıldığı açıklanarak, yöntemin tarihçesi ve uygulama alanları üzerinde durulacaktır. Böylece, hem VZA'nın ortaya çıkış sürecini hem de farklı sektörlerde (bankacılık, üniversiteler, oteller, sağlık vb.) nasıl uygulandığını görmek mümkün olacaktır. Ardından, yöntemin temel kavramlarını ve uygulama adımlarını içeren bölümlerde, karar verme birimlerinin (KVB) belirlenmesi, girdi ve çıktı değişkenlerinin ve modelin seçimi gibi konular ayrıntılı olarak incelenecektir.

Ayrıca, VZA'nın temel matematiksel modelleri tanıtılacak; CCR ve BCC gibi yaygın biçimde başvurulmuş model türlerinin girdi odaklı ve çıktı odaklı varyasyonları irdelenecektir. Bu sayede, tez çalışmasında referans alınan modelin teorik altyapısı netleştirilmiş olacaktır. Son kısımda ise Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) konusu ele alınarak, bulanık verilerin nasıl sınıflandırıldığı, BVZA yaklaşımları ve farklı bulanık VZA modellerinin (Despotis-Smirilis, Cook-Kress-Seiford, Cooper-Park-Yu, Kao-Liu) matematiksel yapıları açıklanacaktır.

Ray (2004) üretimi, girdilerin çıktılarına dönüştürülmesi süreci olarak tanımlamıştır. Bu sürecin temel amacının, girdileri kullanarak değer yaratmak olduğunu vurgulayan yazar, elde edilen çıktıların genellikle değerli ve istenen sonuçlar olduğunu belirtmiş ve daha fazla çıktı elde etmenin çoğu zaman avantajlı olduğunu ifade etmiştir. Ancak girdilerin sınırlı olduğunu ve alternatif kullanımlarında mümkün olduğunu dikkat çeken araştırmacı, atıl kalan girdilerin aynı çıktıyı artırmak veya farklı çıktılar elde etmek için kullanılabileceğini söylemiştir. Bu bağlamda, işletmelerin kaynaklarını verimli kullanma hedefini iki temel ilkeye dayandırmaktadır:

- Belirli bir miktardaki girdiden en fazla çıktıyı elde etmek,
- Belirli bir çıktıyı en az girdi kullanarak üretmek (s. 14).

Ray (2004) bir firmanın kaynak kullanımını değerlendirmek için sıkça kullanılan iki temel kavramın üretkenlik ve etkinlik olduğunu belirtmiştir. Yazar, bu kavramların çoğu zaman birbirinin yerine kullanılsa da aralarında önemli bir fark bulunduğunu

vurgulamıştır. Genellikle bir firmanın üretkenliğinin daha yüksek olmasının, o firmanın aynı zamanda daha etkin olduğu şeklinde yorumlandığını ifade eden Ray (2004), bunun her zaman doğru bir varsayım olmadığını belirtirken; üretkenliğin, performansı tanımlayan nicel bir ölçüt olduğunu; etkinliğin ise kaynakların ne kadar iyi kullanıldığını değerlendiren normatif bir ölçüt olduğunu ifade etmiştir (s. 15).

$$\frac{\text{ÇIKTI}}{\text{GİRDİ}} \quad (3.1)$$

Cooper ve diğ. (2011) yukarıda verilmiş olan formülün etkinliği değerlendirmek için sıkça kullanılan bir yöntem olduğunu belirtmiş, “çalışan başına çıktı” veya “çalışma saati başına çıktı” gibi ölçütlerde çıktı kısmında satış, kâr veya benzeri performans göstergelerinin yer aldığını ifade etmiştir. Bu tür değerlendirmelerin “kısmi üretkenlik ölçütleri” olarak adlandırıldığını belirten yazarlar, bu kavramın tüm girdileri ve çıktıları bir arada ele alan toplam faktör üretkenliği ölçütlerinden ayrıldığını vurgulamışlardır. Kısmi ölçütlerden toplam faktör üretkenliğine geçişin, farklı girdilerin ve çıktıların ait katkıların tek bir oran üzerinden analiz edilmesini sağladığını ifade eden araştırmacılar, bunun belirli bir girdiye veya çıktıya atfedilen iyileşmelerin aslında diğer faktörlerden kaynaklanma ihtimalini ortadan kaldırdığını belirtmişlerdir. Yazarlar, toplam faktör üretkenliği ölçütlerini oluşturmanın bazı zorlukları beraberinde getirdiğini de vurgularken, bu zorlukların başında, hangi girdilerin ve çıktıların hangilerinin dikkate alınacağı ve bu girdilerin nasıl ağırlıklandırılarak tek bir çıktı-girdi oranına indirgeneceği sorununun geldiğini belirtmişlerdir (s. 1-2). Bu noktada Veri Zarflama Analizi (VZA), söz konusu sorunların aşılmasında etkili bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Veri Zarflama Analizi (VZA) çerçevesinde “zarflama” terimi, çeşitli karar verme birimlerinin (KVB) girdiler ve çıktılar aracılığıyla oluşturduğu veri noktalarını kapsayan, varsayımsal bir üretim imkânları yüzeyinin tanımlanmasını ifade etmektedir. Bu yüzey, en yüksek verimlilik düzeyini sergileyen birimler boyunca uzanır ve bu birimleri temel alarak veri uzayını adeta bir zarf gibi çevrelemektedir. Böylelikle, incelenen her birimin performansı, oluşturulan bu “en iyi uygulama sınırı” ile karşılaştırılarak ölçülmektedir. Bu yaklaşım, birimin etkinliğini, o birimi kuşatan en iyi uygulamaların belirlediği sınırla olan konumuna göre değerlendirerek verimlilik analizine bütüncül ve referans temelli bir bakış kazandırmaktadır.

### 3.1 Veri Zarflama Analizinin Tanımı

Panwar ve diğ. (2022) bir organizasyonun veya birimin başarısının ister hükümet ister özel sektör olsun, o birimin verimliliğine bağlı olduğunu belirtmiştir. Benzer tipteki birimlerin verimliliğinin ölçülmesinin, yalnızca birimin eksikliklerini belirlemeye yardımcı olmakla kalmayıp, aynı zamanda bu eksikliklerin giderilmesi veya en aza indirilmesi yoluyla birimin ve dolayısıyla yapının genel gelişimini desteklediğini vurgulamıştır. Verimliliğin temel prensibinin, kaynakların en küçük kullanımıyla en iyi sonucu elde etmek olduğunu ifade eden yazarlar, verimlilik ölçümünün her organizasyonun gelecekteki gelişimi için hayati bir öneme sahip olduğunu dile getirmiştir. Ancak, verimliliği ölçmek, özellikle çoklu girdi ve çıktı söz konusu olduğunda basit bir iş değildir ve bu durum uzun yıllardır araştırmacıların dikkatini çekmektedir. Bu bölümde araştırmacıların yoğun olarak ilgi gösterdiği veri zarflama analizi için tanımlamaya yer verilecek ve genel bilgiler aktarılacaktır.

Cooper ve diğ. (2007), verimliliğin organizasyonların performansını değerlendirmede kritik bir rol oynadığını ifade etmiştir. Yazarlar; özellikle işletmeler, devlet kurumları, hastaneler ve eğitim kurumları gibi yapılar için verimlilik analizlerinin genellikle “çıkıtı/girdi” oranı şeklinde ifade edildiğini ve bu analizlerde birim başına maliyet, kâr veya memnuniyet gibi ölçütlerin kullanıldığını belirtmiştir. Bu verimlilik ölçümlerinin çalışanların veya çalışan gruplarının performansını değerlendirmek için de kullanıldığını ve "işçi başına çıktı" veya "çalışma saati başına çıktı" gibi kısmi verimlilik ölçütlerinin belirli bir girdiye karşılık alınan çıktıyı gösterdiğini vurgulamıştır. Ancak, bu kısmi ölçümlerin tüm girdileri ve çıktıları kapsamadığı için yanıltıcı olabileceğini belirtmiştir. Toplam faktör verimliliği ölçümlerinin tüm girdileri ve çıktıları bir araya getirerek daha kapsamlı bir değerlendirme sunduğunu ifade eden yazarlar, bir faktöre atfedilen kazançların aslında başka bir girdiden kaynaklanması gibi yanlış yorumlamaların bu yöntemle önlenebileceğini dile getirmiştir. Örneğin, sermaye artışı veya yönetim iyileştirmeleri sonucu elde edilen bir çıktı artışının yanlışlıkla iş gücüne atfedilmesinin engellendiğini belirtmiştir. Ancak, yazarlar, tüm girdileri ve çıktıları tek bir oran içinde birleştirmenin zorluğuna dikkat çekmiştir. Hangi girdilerin ve çıktıların seçileceği ve bunlara hangi ağırlıkların verileceği gibi konuların toplam faktör verimliliği ölçümlerinde önemli zorluklar oluşturduğunu ve bu nedenle, verimliliği doğru ve kapsamlı bir şekilde ölçmek için dikkatli bir analiz ve metodolojinin gerekli olduğunu ifade etmiştir (s. 1-2).

Bu noktada Veri Zarflama Analizi devreye girmektedir. Charnes ve diğ. (1978) orijinal makalelerinde Veri Zarflama Analizini (VZA) "gözlemsel verilere uygulanan, üretim fonksiyonları veya verimli üretim olasılığı yüzeyleri gibi modern ekonominin temel taşları olan ilişkilerin, deneysel tahminlerini elde etmenin yeni bir yolunu sağlayan matematiksel programlama modeli" olarak tanımlamıştır (Cooper ve diğ., 2011, s. 2).

Cooper ve diğ. (2007) Veri Zarflama Analizinin (VZA) işletmeler, devlet kurumları, hastaneler ve eğitim kurumları gibi organizasyonların performansını değerlendirmeyi amaçlayan bir yöntem olduğunu belirtmiştir. Yazarlar, VZA'nın çoklu girdiler ve çıktılarla çalışarak birimlerin etkinliğini ölçtüğünü ve en iyi uygulamaları sergileyenleri belirleyerek etkinlik sınırını oluşturduğunu ifade etmiştir. Ayrıca, bu yöntemin kullanıcıların her bir girdi ve çıktı için ağırlık belirlemesine gerek kalmadan matematiksel programlama tekniklerini kullandığını vurgulamıştır. Böylece, VZA'nın geleneksel verimlilik ve üretkenlik ölçümlerinin sınırlamalarını aşarak, karar vericiler ve analistler arasında işbirliği fırsatları sunduğunu dile getirmiştir (s. 1-2).

Cook ve Seiford (2009) Veri Zarflama Analizinin (VZA) arkasındaki orijinal fikrin, karşılaştırılabilir Karar Verme Birimleri (KVB'ler) seti içerisinde en iyi uygulamaları sergileyenlerin tanımlanmasını ve bu birimlerin etkin sınırı oluşturmasını sağlayacak bir metodoloji sağlamak olduğunu belirtmiştir. Yazarlar, bu metodolojinin ayrıca etkin olmayan birimlerin etkinlik düzeyini ölçmeyi ve bu birimlerin karşılaştırılabileceği kıyas noktalarını belirlemeyi mümkün kıldığını ifade etmiştir.

Cooper ve diğ. (2011) Veri Zarflama Analizini (VZA), Karar Verme Birimleri (KVB) adı verilen bir dizi eş varlığın performansını değerlendirmek için "veri odaklı" bir yaklaşım olarak tanımlamıştır. Bu analiz yöntemi, birden fazla girdiyi birden fazla çıktıya dönüştüren KVB'ler için genel ve esnek bir çerçeve sunmaktadır. Yazarlar, VZA'nın son yıllarda birçok farklı ülkede, bağlamda ve faaliyet alanında yaygın bir şekilde uygulandığını belirtmiştir. Bu uygulamalarda, hastaneler, üniversiteler, şehirler, mahkemeler, işletmeler, ülkeler ve bölgeler gibi çeşitli olguların karar verme birimi olarak kullanıldığını ifade edilmiştir (s. 1).

Ray (2004) Veri Zarflama Analizini (VZA), bir firma veya kamu sektörü ajansı gibi karar verme biriminin (KVB) verimliliğini ölçmenin parametrik olmayan bir yöntemi olarak tanımlamıştır. Bu yöntemin Yöneylem Araştırması literatürüne ilk kez Charnes,

Cooper ve Rhodes tarafından, 1978 yılında yayımlanan bir çalışmada dahil edildiğini belirtmiştir (s. 1).

Cooper ve diğ. (2011) Veri Zarflama Analizinin 1978'de ilk kez bugünkü haliyle tanıtılmasından bu yana, birçok alandaki araştırmacılar tarafından performans değerlendirmeleri ve operasyonel süreçleri modellemek için mükemmel ve kolay kullanılan bir metodoloji olarak hızla benimsendiğini belirtmiştir. Yazarlar veri zarflama analizinin deneysel yönelimi ve diğer yaklaşımlara (örneğin, istatistiksel regresyon analizinin standart formları gibi) eşlik eden çok sayıda önsel varsayıma ihtiyaç duymamasının, bu yöntemin kar amacı güden ve gütmeyen sektörler gibi bir çok farklı alanlarda kullanılmasına yol açtığını ifade etmektedir (s. 2).

Ray (2004) orijinal CCR modelinin yalnızca sabit getirilerle karakterize edilen teknolojilere uygulanabildiğini belirtmiştir. Ancak, Banker, Charnes ve Cooper tarafından 1984 yılında geliştirilen BCC modelinin, bu modeli ölçek açısından değişken getiriler gösteren teknolojileri de kapsayacak şekilde genişleterek büyük bir atılım sağladığını vurgulamıştır. Ray (2004) sonraki yıllarda birçok araştırmacının metodolojik katkılarıyla CCR ve BCC modelleri etrafında önemli bir literatür hacmi oluşturulduğunu ve VZA'nın bu sayede verimlilik ölçümü için regresyon analizine geçerli bir alternatif olarak ortaya çıktığını ifade etmiştir (s. 1).

Panwar ve diğ. (2022) tarafından gerçekleştirilen bibliyometrik çalışma, Ray (2004)'in söylemlerini doğrular niteliktedir. Araştırmada, "'Transportation and DEA', 'Education and DEA', 'Communication and DEA', 'Fishery and DEA', 'Tourism and DEA', 'Health care and DEA', 'Automobile and DEA', 'Forestry and DEA', 'Water and DEA', 'Real estate and DEA', 'E-business and DEA'" anahtar kelimeleri çerçevesinde, sadece 2018 yılında 1000'den fazla, 2019 yılında 1200'den fazla ve 2020 yılında 1400'den fazla Veri Zarflama Analizi ile ilgili çalışmanın yayımlandığı belirtilmiştir. Ayrıca, 1981-2021 yıllarını kapsayan literatür taramasında 17.000'den fazla çalışmanın yer aldığı ifade edilmiştir.

Bu verilerin ışığında; Veri Zarflama Analizinin son yıllarda yaşanan kayda değer büyümeyi ve bu yöntemin farklı sektörlerde artan kabulünü açıkça ortaya konduğunu söylemek mümkündür. 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait yıllık yayımlanan çalışmalara bakıldığında, her yıl bu yönetime dair artan ilginin ve araştırma sayısının çarpıcı bir şekilde yükseldiği görülmektedir. Sadece 2018 yılında 1000'den fazla çalışmanın

yayımlanmış olması, bu sayının 2019'da 1200'e, 2020'de ise 1400'ün üzerine çıkması, Veri Zarflama Analizinin bilimsel araştırmalar için giderek daha popüler bir yöntem haline geldiğini ve daha geniş bir kabul gördüğünü göstermektedir. Ek olarak 1981-2021 yıllarını kapsayan literatür taramasında 17.000'den fazla çalışmanın yer alması, VZA'nın akademik dünyada güçlü bir kabule sahip olduğunu ve özellikle son yıllarda bu ilginin hızla arttığını kanıtlamaktadır. Bu büyüme, aynı zamanda veri analitiği ve verimlilik ölçümüne olan artan ilgiyi de yansıtmaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte, veri analizine dayalı karar verme süreçleri giderek daha fazla önem kazanmakta ve VZA bu süreçlerde önemli bir rol oynamaktadır.

Kısacası Veri Zarflama Analizi (VZA), kuruluşların veya işletmelerin performansını değerlendirmek ve verimlilik seviyelerini belirlemek için kullanılan matematiksel programlama tabanlı bir yöntemdir. Bu analiz, benzer kaynakları kullanan ve benzer çıktılar üreten karar verme birimlerinin (KVB) göreceli verimliliğini karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca, her birimin performansını en iyi olan ile karşılaştırarak verimlilik sınırlarını belirlemekte ve böylece birimlerin verimliliğini artırmalarına rehberlik etmektedir.

### **3.1.1 Veri zarflama analizinin tarihçesi**

Veri Zarflama Analizi (VZA), etkinlik ve verimlilik değerlendirmelerinde kritik rol oynayan matematiksel bir yöntemdir. Bu bölümde, veri zarflama analizinin tarihsel gelişimi ve zaman içinde geçirdiği evrim detaylarıyla ele alınacaktır.

Cooper ve diğ. (2011) Veri Zarflama Analizinin başlangıcını temsil eden Farrell (1957)'in makalesinde, verimliliği değerlendirmek için daha iyi yöntemler ve modeller geliştirme ihtiyacından yola çıktığını belirtmiştir. Farrell (1957) daha önce yapılan çalışmaların genellikle iyi sonuçlar ürettiğini, ancak birden fazla girdi hesaba katıldığında kısıtlayıcı olduğunu savunmuştur. Emek verimliliği ve sermaye verimliliği gibi ayrı indekslerin bu yetersizliklerine yanıt olarak, Farrell (1957) bu sorunu daha uygun şekilde ele alabilecek bir etkinlik analizi yaklaşımı önermiştir. Farrell'in geliştirdiği ölçütlerin, bir atölyeden bir ekonominin tamamına kadar her tür üretken organizasyona uygulanabilir şekilde tasarlandığını ifade eden yazarlar, onun bu süreçte “verimlilik” kavramını “etkinlik” kavramına genişlettiğini vurgulamıştır (s. 3-4).

Ray (2004) Farrell'in 1957 yılında bir grup firmanın gerçek girdi-çıkıtı verilerini kullanarak doğrusal programlama (DP) modeli oluşturduğunu ve bu modelin çözümünün, örnek içerisindeki her bir firmanın teknik etkinliğini sayısal olarak ölçmeyi mümkün kıldığını belirtirken, Farrell'in teknik etkinlik ölçüsünün, Shephard'ın 1953'de önerdiği "mesafe fonksiyonu" ile aynı olduğunu ifade etmiştir. Farrell'in teknik etkinlik ölçümünün yanı sıra, genel ekonomik etkinliğin bir diğer bileşeni olarak "tahsis etkinliğini" de tanımladığı vurgulamıştır. Ayrıca, Farrell'in sıradan en küçük kareler regresyonu ile oluşturulan bir fonksiyonun üretim sınırını temsil edemeyeceğini fark ettiğini, çünkü bu yöntemle oluşturulan fonksiyonun doğası gereği gözlemlenen noktaların her iki tarafında da yer aldığını belirttiği aktarılmıştır. Bu sorunu ele almak için parametrik olmayan bir yaklaşım benimseyen Farrell, gözlemlenen girdi-çıkıtı demetlerini içeren bir koninin konveks gövdesi ile temel üretim imkânları kümesini yaklaşık olarak modellemiştir (s. 3).

Farrell (1957) verimlilik ölçümünde "teknik verimlilik" kavramını ortaya koymuş ve "Farrell Verimlilik Ölçüsü" nı geliştirmiştir. Fakat bu geliştirmeye rağmen Farrell'in çalışması, temel olarak tek çıktılı ve tek girdili durumlarla sınırlı kalmış ve çoklu girdi ve çıktılar için pratik bir genişleme sunmamıştır.

Ray (2004) Farrell'in modelinin sınırlamalarını şu şekilde özetlemektedir:

*"Farrell'in matematiksel programlama kullanarak teknik verimliliği ölçen modeli, istatistiksel olmayan doğası nedeniyle verimlilik skorlarının örnekleme özelliklerinin belirlenmesini engellemektedir. Bu durum, standart hata ve güven aralıklarının hesaplanamamasına yol açar ve verimlilik ölçütlerinin istatistiksel güvenilirliğini sorgulanabilir hale getirmektedir. Ayrıca, Farrell'in yaklaşımı üretim sınırını deterministik olarak ele alır ve firmaların kontrolü dışındaki rastgele faktörleri (örneğin, hava koşulları, beklenmedik üretim dalgalanmaları) dikkate almamaktadır. Son olarak, model en iyi performans gösteren birimleri referans alarak diğer birimlerin verimliliklerini değerlendirir; bu da "olağanüstü iyi" performansları norm olarak kabul ederek diğer birimlerin verimlilik skorlarını olduğundan düşük gösterebilmektedir (Ray, 2004, s. 3-5)."*

Farrell'in sunduğu modelin gelişme aşamasına odaklanacak olursak bu bizi 1970'lerin başında, Rhodes'un Carnegie Mellon Üniversitesi'nde W. W. Cooper'ın

danışmanlığında tez çalışmasına başladığı zamana kadar götürmektedir. Rhodes tez çalışmasında “dezavantajlı öğrenciler” (özellikle siyahi ve Hispanik) için eğitim programlarını değerlendirmeye odaklanmıştır. Bu amaçla, ABD Eğitim Bakanlığı tarafından desteklenen ve kamu okullarında uygulanan geniş çaplı bir çalışmanın verilerini kullanırken, büyük ve karmaşık veri setini analiz etmek için çeşitli istatistiksel ve ekonometrik yöntemler denemiş, ancak tatmin edici ve mantıklı sonuçlar elde edememiştir. Bu süreçte Cooper, Rhodes ile birlikte Farrell'in tanımlarını ve yöntemlerini yeniden ele alarak, çoklu girdi ve çıktıları kapsayacak şekilde genişletmeye çalışmıştır (Cooper ve diğ., 2011, s. 4-7).

Charnes, Cooper ve Rhodes, Farrell'in modelinin sıfır olmayan sapmaları (gevşeklik) hesaba katmadığını fark ederek bu eksikliği gidermek için yeni matematiksel yöntemler geliştirmişlerdir. Özellikle,  $\varepsilon > 0$  ile ilişkili "non-Archimedean" (sonsuz küçük) öğeleri kendi modellerine dahil etmişlerdir. Böylece sapmaları her zaman en büyükleme yapıldığı ve Farrell ölçümünün değişmeden kaldığı bir yaklaşım sunmuşlardır. Bu yenilik, verimlilik analizinde daha hassas ve güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Ayrıca, Charnes ve Cooper'ın daha önceki "fraksiyonel programlama" çalışmalarını VZA'ya entegre ederek, geliştirdikleri bu yeni modeli oran formuna dönüştürmüşlerdir. Bu dönüşüm, VZA'nın sadece ekonomi ve istatistik alanlarında değil, mühendislik ve yönetim gibi farklı disiplinlerde de kullanılmasını kolaylaştırmıştır. Tüm bunların ışığında, 1978 yılında, Charnes, Cooper ve Rhodes "Measuring the Efficiency of Decision Making Units" başlıklı makalelerini yayınlamaya Veri Zarflama Analizi'ni ortaya çıkarmıştır. Bu yeni model, Farrell'in teknik verimlilik ölçümünü çoklu girdi ve çıktı durumlarına genişletmiş ve doğrusal programlama yöntemlerini kullanarak karar verme birimlerinin göreceli verimliliklerini değerlendirmeyi mümkün kılmıştır (Cooper ve diğ., 2011, s. 4-7).

Cooper ve diğ. (2006) CCR modelinin sabit ölçeğe göre getiri varsayımına dayandığını ve tüm ölçeklerde girdiler ve çıktılar arasındaki oranın sabit kaldığını kabul ettiğini belirtmiştir. Ancak, gerçek dünyadaki üretim süreçlerinde ölçeğe göre getirilerin genellikle değişken olduğunu, yani üretim birimlerinin girdilerini artırdıklarında, çıktıların orantılı olarak artmayabileceğini ifade etmişlerdir. Bu durum, bazı birimlerin ölçek avantajlarından veya dezavantajlarından yararlanabildiği anlamına gelmektedir. Yazarlar, CCR modelinin etkinlik değerlendirmesinde radyal bir yaklaşım kullandığını ve yalnızca girdiler ve çıktılardaki orantılı değişimleri dikkate

aldığını vurgulamıştır. Bu yaklaşımın, girdi fazlalıkları ve çıktı eksiklikleri gibi sıfır olmayan gevşeklikleri göz ardı ettiğini ve bu nedenle karar verme birimlerinin etkinlik düzeylerini tam olarak yansıtamadığını ifade etmişlerdir. Ayrıca, bu durumun, etkin olmayan birimlerin performansını iyileştirmek için gereken spesifik değişikliklerin belirlenmesinde eksikliklere yol açtığını iddia etmişlerdir. Bu eksiklikler, CCR modelinin bazı durumlarda yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Buna karşılık, BCC modeli değişken ölçeğe göre getirileri dikkate alarak daha esnek bir üretim sınırı tanımlamakta ve sıfır olmayan gevşeklikleri de değerlendirmeye katmaktadır. Bu sayede, karar verme birimlerinin etkinlik analizinde daha doğru ve detaylı sonuçlar elde edilmesi mümkün hale gelmektedir (s. 87-89).

Panwar ve diğ. (2022) CCR yaklaşımının tüm Karar Verme Birimlerinin (KVB) optimal bir ölçekte değerlendirebildiğinde uygun birimlere odaklandığından bahsetmiştir. Bununla birlikte, eksikliklerin tamamlanması ve finansal kısıtlamalar gibi faktörlerin, Karar Verme Birimlerinin optimal ölçekten uzakta çalışmasına neden olabileceğini belirtmişlerdir. CCR tekniğinin, 1984 yılında Banker, Charnes ve Cooper tarafından geliştirilmesiyle bu eksiklikleri gidermek için yeni bir çalışma yapılmış ve sonuç olarak BCC tekniği ortaya çıkmıştır (Cook ve Seiford, 2009).

Cook ve Seiford (2009) Banker ve diğ. (1984), Charnes ve arkadaşlarının (1978) önceki çalışmalarını genişleterek değişken ölçeğe göre getiri (VRS) kavramını tanıttıklarını belirtmiştir. Yazarlar, BCC modelinin, ek bir dış bükey kısıtlaması ile CCR modelinden ayrıldığını ve bu kısıtlamanın modelin ölçeğe göre getirileri daha doğru bir şekilde yakalamasını sağladığını ifade etmiştir.

1984 yılından sonra, Veri Zarflama Analizi (VZA), son 40 yıl içinde verimlilik ölçümünde önemli bir yer edinmiş ve birçok farklı modelle geliştirilmiştir. Bu süreçte, VZA'nın ilk olarak CCR (Charnes, Cooper ve Rhodes) ve BCC (Banker, Charnes ve Cooper) modelleri ile temellendirildiği görülmektedir. Panwar ve diğ. (2022) belirttiği gibi, CCR modeli sabit ölçek getirileri (CRS) varsayımını temel alırken, BCC modeli değişken ölçek getirileri (VRS) durumunu ele almıştır. Bu modeller, VZA'nın temel yapısını oluşturmuş ve diğer gelişmiş modellerin zeminini hazırlamıştır.

Panwar ve diğ. (2022) yaptıkları çalışmada Veri Zarflama Analizini 5 alt kategori altında toplamıştır. Bunlar şu şekildedir:

- Klasik VZA yöntemleri

- Genişletilmiş VZA yöntemleri
- Çok aşamalı ve çok seviyeli VZA modelleri
- Stokastik and Bulanık VZA teknikleri
- Hibrit VZA modelleri

Panwar ve diğ. (2022) Klasik VZA modelleri içerisinde “CCR”, “BCC” ve “SE” modellerini konumlandırmıştır. Fakat VZA, zamanla klasik modellerin ötesine geçerek farklı ihtiyaçlara yönelik genişletilmiş ve yenilikçi modellerle evrim geçirmiştir. Yazarlar klasik yöntemlerin ayırt edici gücünün sınırlı olduğunu ve özellikle çok sayıda girdi ve çıktı değişkeni içeren durumlarda bu modellerin performansının yetersiz kaldığını ortaya koymuştur.

Genişletilmiş VZA modelleri arasında;

- Eklemeli Model (Additive Model),
- Sapmalara Dayalı Model (Slacks-Based Model - SBM),
- Russell Ölçüm Modeli (Russell Measure Model - RM),
- Serbest Elden Çıkarma Zarf Modeli (Free Disposal Hull Model - FDH),
- Çapraz etkinlik modeli (Cross Efficiency Model – CEM),
- Süper etkinlik modeli (Super Efficiency Model - SEDEA)

gibi yöntemler bulunmaktadır. Bu modeller, özellikle verimli birimler arasında sıralama yapabilme ve ayırt edici güç sağlama gibi eksiklikleri gidermek için geliştirilmiştir.

Klasik ve genişletilmiş modellerin yanı sıra, VZA'nın çok aşamalı ve çok seviyeli yapıları da dikkat çekmektedir. Panwar ve diğ. (2022) bu kapsamda Ağ Veri Zarflama Analizi (Network DEA), Hiyerarşik Veri Zarflama Analizi (Hierarchical DEA) ve Tedarik Zinciri Veri Zarflama Analizi (Supply Chain DEA) modellerinin, karmaşık organizasyonel yapılar ve tedarik zinciri gibi çok katmanlı sistemlerin analizinde kritik bir rol oynadığını vurgulamıştır. Bu modeller, süreçler arasındaki ilişkileri ve bağımlılıkları dikkate alarak daha kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır.

VZA'nın bir diğ. önemli evrimi, stokastik ve bulanık modellerin geliştirilmesiyle gerçekleşmiştir. Geleneksel VZA modelleri, sabit girdi-çık. değişkenlerine

dayanırken, Stokastik VZA ve Bulanık VZA modelleri, veri girişindeki belirsizlikler ve stokastik dalgalanmalar gibi gerçek dünya koşullarını hesaba katarak daha esnek bir analiz sunmaktadır.

Hibrit modeller ise VZA'nın son yıllardaki önemli bir trendi olarak karşımıza çıkmaktadır. Panwar ve diğ. (2022) bu hibrit modellerin VZA'yı Yumuşak Hesaplama Tekniği, Makine Öğrenimi Teknikleri ve Çok Kriterli Karar Verme yöntemleriyle birleştirerek daha kapsamlı ve dinamik çözümler sunduğunu belirtmiştir. Bu yöntemler, verimlilik analizinde daha derinlemesine bir anlayış ve yenilikçi yaklaşımlar getirmiştir.

VZA'nın bu 40 yıllık süreçteki evrimi, ilk kavramsallaştırıldığı CCR ve BCC modellerinden başlayarak, genişletilmiş, çok seviyeli, stokastik, bulanık ve hibrit modellere kadar uzanan bir gelişim göstermiştir. Panwar ve diğ. (2022) VZA'nın tarihsel gelişimi ve mevcut trendleri üzerine kapsamlı bir bakış açısı sunarak bu alandaki araştırmacılara ve uygulayıcılara değerli bir rehber olmuştur. Yazarların çalışmalarında ayırdıkları kategoriler ve hesaba kattıkları modeller Çizelge 3.1'de verilmiştir.

**Çizelge 3.1 : VZA Modellerinin Kategorileri. (Panwar ve diğ., 2022)**

| Klasik VZA Modelleri   | Genişletilmiş VZA Modelleri      | Çok Aşamalı ve Çok Seviyeli VZA Modelleri | Stokastik ve Bulanık VZA Modelleri | Hibrit VZA Modelleri            |
|------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| CCR (CRS)              | Toplamsal VZA                    | Ağ VZA Model                              | Stokastik VZA                      | VZA ve Yumuşak Hesaplama        |
| BCC (VRS)              | Gevşeklik Tabanlı VZA (SBM)      | Hiyerarşik VZA                            | Bulanık VZA                        | VZA ve Makine Öğrenmesi         |
| Ölçek Verimliliği (SE) | Russel Ölçüm VZA (RM)            | Tedarik Zinciri VZA                       |                                    | VZA ve Çok Kriterli Karar Verme |
|                        | Serbest Bertaraf Gövde VZA (FDH) |                                           |                                    |                                 |
|                        | Çapraz Etkinlik VZA              |                                           |                                    |                                 |
|                        | Süper Etkinlik VZA               |                                           |                                    |                                 |

### 3.1.2 Veri zarflama analizinin uygulama alanları

Veri Zarflama Analizi (VZA), organizasyonların, kurumların ve işletmelerin etkinlik ve verimliliklerini değerlendirmede önemli bir araç haline gelmiştir. Çoklu girdi ve çıktıyı aynı anda değerlendirebilme kabiliyeti sayesinde, farklı sektörlerdeki karar

verme birimlerinin performansını objektif bir şekilde ölçmek mümkündür. Cooper ve diğ. (2011) Veri Zarflama Analizinin 30 yılı aşan bir yaşam süresi boyunca araştırmacılar tarafından pratik olarak tüm sektörleri ve endüstrileri kapsayacak şekilde, birçok yaratıcı uygulamanın geliştirildiğini belirtmiştir. Yazarlar, Çin'deki balık çiftliklerinden sağlık hizmeti yönetimine kadar VZA uygulamalarının çeşitli alanlarda bulunabileceğini ifade etmişlerdir (s. 403-404).

Panwar ve diğ. (2022) yaptıkları çalışmada Veri Zarflama Analizinin; “Bankacılık”, “Spor”, “Tarım ve Çiftlik”, “Taşımacılık”, “Eğitim”, “İletişim”, “Balıkçılık”, “Turizm”, “Sağlık”, “Otomotiv”, “Ormancılık”, “Su”, “Gayrimenkul” ve “E-Ticaret” gibi farklı alanda kullanıldıklarını ortaya koymuştur. Bu bölümde, VZA'nın kullanıldığı başlıca sektörler ele alınacaktır.

### **3.1.2.1 Bankalar**

Bankalar, finansal aracılık ve ödeme sistemlerinin ana unsurları olarak bir ülkenin ekonomik gelişimi ve büyümesinde hayati bir rol oynamaktadır. Artan rekabet ve bankacılık sektörünün ekonomik önemi, bankaların performanslarının sürekli olarak değerlendirilmesini ve finansal durumlarının yakından izlenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu değerlendirmeler, hem düzenleyiciler hem de banka yöneticileri için; kaynak tahsislerinin etkinliği, operasyonel değişimlerin etkileri ve geleceğe yönelik stratejilerin belirlenmesi açısından son derece kritiktir. Fakat bununla birlikte, bankaların performansını kapsamlı bir şekilde ölçmek ve verimliliklerini artırmak için en uygun metodolojiyi seçmek de önemli bir zorluktur. Geleneksel olarak kullanılan oran analizi ve benzeri basit yöntemler, bankaların karmaşık operasyonel süreçlerini tam olarak yansıtmamaktadır. Bu nedenle, güvenilir, anlamlı ve benchmark oluşturmaya uygun ölçümler sunabilen bir analiz sistemine ihtiyaç vardır. Veri Zarflama Analizi (VZA), bankaların bu ihtiyaçlarını karşılamak için etkili bir araçtır. VZA, çoklu girdiler ve çıktılar üzerinden bankaların verimliliklerini değerlendirir, operasyonel süreçlerin temel yönlerini ortaya çıkarır ve performans izleme konusunda yönetime güçlü bir destek sağlamaktadır.

Cooper ve diğ. (2011) Sharman ve Gold'un (1985) ilk önemli Veri Zarflama banka analizi makalesini yazarak, bankacılık alanında önemli bir veri zarflama analizi uygulama trendini başlattıklarını belirtmiştir. Bu uygulamalar arasında; “ülke genelinde banka (şirket) analizi”, “uluslararası bankacılık analizi”, “banka

birleşmelerinin etkinliği”, “tek bir bankacılık organizasyonu içinde banka şubesi analizi”, “şube dağıtım stratejileri”, “üretim süreci boyunca iç performans değerlendirmesi”, “müşteri hizmet kalitesi analizi”, “proje seçimi ve planlaması”, “personel tahsis etkinliği ile personel tutma” ve “iş yoğunluğu hedeflerinin” yer aldığı ifade edilmiştir. Yazarlar, bankacılık etkinliğinin teorik ve ampirik araştırmalarındaki benzersiz büyümenin, başlıca Yöneylem araştırması dergilerinin bu araştırma alanına özel sayılar ayırmasıyla sonuçlandığını vurgulamıştır. Bu dergiler arasında Journal of Productivity Analysis (1993), Journal of Banking and Finance (1993), European Journal of Operational Research (1997), Annals of Operations Research (1997, 2006), Interfaces (1999), International Journal of Information Technology and Decision Making (2005) ve The Journal of the Operational Research Society (2009) yer almıştır (s. 318-319).

### **3.1.2.2 Üniversiteler**

Eğitimde yöneticiler, üniversitelerin etkinliğini değerlendirmek ve performanslarını iyileştirmek için çeşitli araçlara ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlamda, Veri Zarflama Analizi (VZA), karar verme birimlerinin (KVB) etkinliğini ölçmek için güçlü bir yöntem sunmaktadır. VZA, benzer birimlerin performanslarını karşılaştırarak, hangi birimlerin etkin ve hangilerinin etkin olmadığını belirlemeye yardımcı olmaktadır.

Cooper ve diğ. (2011) Veri Zarflama Analizinin (VZA) eğitim kurumlarında uygulanmasında girdilerin ve çıktıkların dikkatli bir şekilde seçilmesinin kritik öneme sahip olduğunu vurgulamıştır. Özellikle kontrol edilebilir girdilerin ve yöneticilerin ilgilendiği çıktıkların modele dahil edilmesini önermektedir. Örneğin, personel girdileri için maaşların kullanılabileceği belirtilmiştir, çünkü bunlar öğretim ve araştırma süreçlerindeki temel girdilerin parasal değerini temsil etmektedir. Ayrıca yazarlar; VZA’nın, etkin olmayan bir üniversitenin girdileri ve çıktıları bakımından en çok benzediği etkin üniversiteleri belirleyebileceğini ve bu sayede yöneticilerinin etkin olmayan kendi üniversitesinde hangi alanlarda iyileştirmeye ihtiyaç duyduğunu anlayabileceğini belirtmiştir. Bu sayede sınırlı kaynaklarını verimliliği artıracak şekilde yeniden kaynak tahsisleri yapılabilir. Bu yaklaşımın, yöneticilere etkinliklerini artırmak için somut ve karşılaştırılabilir hedefler sunduğu ifade edilmiştir (s. 406-409).

Sonuç olarak, Veri Zarflama Analizi üniversitelerde performans ölçümü ve değerlendirmesi için kapsamlı bir yöntem sunmaktadır. Üniversitelerin etkinliğini

belirlemek amacıyla ğretim üyesi sayısı, bütçe, fiziksel altyapı ve teknolojik kaynaklar gibi çeşitli girdiler ile mezun ğrenci sayısı, yayınlanan akademik makaleler, gerçekleştirilen araştırma projeleri ve topluma sunulan hizmetler gibi çıktılar kullanılabilmektedir. Bu analiz yöntemi sayesinde, üniversitelerin kaynaklarını ne kadar verimli kullandıkları ve hedeflerine ulaşmada ne derece başarılı oldukları objektif bir biçimde ortaya konulabilmektedir. Böylelikle, yöneticiler, elde edilen veriler ışığında stratejik planlamalar yaparak üniversitenin genel performansını artırmaya yönelik adımlar atabilmektedir.

### 3.1.2.3 Oteller

Otelcilik sektörü, rekabetin yoğun olduğu ve müşteri beklentilerinin sürekli değiştiği dinamik bir alandır. Bu nedenle, otellerin kaynaklarını ne kadar verimli kullandıklarını değerlendirmeleri ve performanslarını sürekli olarak iyileştirmeleri büyük önem taşımaktadır. VZA, otellerin sahip oldukları girdiler (örneğin personel sayısı, oda kapasitesi, pazarlama bütçesi) ile elde ettikleri çıktılar (örneğin doluluk oranı, gelir, müşteri memnuniyeti) arasındaki ilişkiyi analiz ederek, her bir otelin etkinlik düzeyini belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu analiz sayesinde, oteller kendi performanslarını rakipleriyle karşılaştırabilir, operasyonel verimliliklerini artırmak için hangi alanlarda iyileştirme yapmaları gerektiğini tespit edilebilmektedir. Ayrıca, VZA'nın sağladığı veriler, stratejik karar alma süreçlerinde yöneticilere değerli bilgiler sunarak, otellerin rekabet avantajı elde etmelerine katkı sağlamaktadır.

Otellerin hızla olgunlaşan otelcilik sektöründe sürdürülebilir ticari varlıklar olarak var olmaya devam etmeleri için verimlilik analizlerine acil bir şekilde başvurmaları gerekmektedir. Gelir arttırmak için herhangi bir analiz yapmadan kaynak kullanımına odaklanmak zararlı sonuçlar doğurabilmektedir. Bu nedenle, verimliliği artırma arayışında girdilerin ve çıktıların eşzamanlı olarak dikkate alınması gereklidir. Bu yaklaşımda Veri Zarflama Analizine son derece uygun bir araçtır (Cooper ve diğ, 2011, s. 413-414).

Cooper ve diğ. (2011) otelcilik sektöründe girdilerin ve çıktılarının doğru bir şekilde belirlenmesinin, sürdürülebilir bir başarı için kritik önem taşıdığını vurgulamıştır. Yazarlar, Geller'in (1985), bu konuda net hedefler belirlemenin ve ardından bu hedeflere ulaşmak için gerekli olan kritik başarı faktörlerini (KBF) tanımlamanın gerekliliğine dikkat çektiğini aktarmıştır. Geller (1985)'a göre, hedefler olmadan

başarıyı sağlayacak doğru girdileri ve çıktıları belirlemek oldukça zordur. Ayrıca Geller (1985), kritik başarı faktörlerinin (KBF) izlenmesinde kullanılan ölçütlerin farklılık gösterebileceğini, ancak bu ölçütlerin KBF'lerin başarısını değerlendirmede önemli bir rol oynadığını ifade etmiştir. Örneğin, Cooper ve diğ. (2011) bir otelin pazar payını artırma hedefinin, rakiplerinden daha üstün bir hizmet kalitesi sunulmasıyla gerçekleştirilebileceğini belirtmiştir. Bu hizmet kalitesinin ise müşteri geri dönüş oranları, doluluk oranları ve müşteri geri bildirimleri ile ölçülebileceğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, otel sahibinin memnuniyetini sağlama hedefinin yeterli bir nakit akışına bağlı olduğunu ve bu nakit akışının satış gelirleri, brüt kâr ve departman bazlı kâr gibi finansal ölçütlerle değerlendirilebileceğini dile getirmişlerdir. Yazarlar, otelcilik sektöründe girdilerin ve çıktılarının seçiminin her işletmenin yapısına, finansal durumuna, yaşam döngüsündeki aşamasına ve stratejik önceliklerine bağlı olarak farklılık gösterebileceğini aktarmışlardır. Bu nedenle, tüm oteller için geçerli bir "evrensel başarı formülü" bulunmadığını, her otelin kendi hedeflerine uygun kritik başarı faktörlerini belirleyerek bu faktörlere uygun ölçütlerle performansını değerlendirmesi gerektiğini ifade etmişlerdir (s. 416).

### **3.1.2.4 Sağlık**

Veri Zarflama Analizi (VZA), sağlık sektöründe verimlilik ve etkinlik değerlendirmesi yapmak için vazgeçilmez bir araçtır. Sağlık hizmetleri, insan hayatının korunması ve iyileştirilmesi gibi hayati bir misyona sahip olduğundan, kaynakların en optimal şekilde kullanılması büyük önem taşımaktadır. Hastaneler, klinikler ve diğer sağlık kuruluşları, sınırlı bütçelerle en yüksek kaliteyi sunmayı hedeflerken, personel sayısı, tıbbi ekipman, ilaç stokları ve teknolojik altyapı gibi çeşitli girdileri yönetmek zorundadır. Aynı zamanda, hasta memnuniyeti, tedavi başarı oranları ve hizmet hızı gibi çıktıları da en büyük seviyede tutmak istemektedir. VZA, bu çoklu girdi ve çıktıları analiz ederek, sağlık kurumlarının göreceli etkinliklerini objektif bir biçimde ölçme imkanı sunmaktadır. Bu sayede, hangi birimlerin kaynaklarını daha verimli kullandığı, hangilerinin iyileştirmeye ihtiyaç duyduğu net bir şekilde ortaya konulmaktadır.

Cooper ve diğ. (2011), sağlık kurumlarında tek bir genel performans ölçütü belirlemenin her zaman zor olduğunu belirtmiştir. Yazarlar, sağlık hizmetlerinin hedeflerinin genellikle çoklu, birbiriyle çelişen, soyut, belirsiz ve karmaşık bir yapıya

sahip olduğunu ifade ederken, dünyada sağlık hizmetlerinin daha düşük maliyetle sunulmasına yönelik artan talebin, bu alanı Veri Zarflama Analizi (VZA) araştırmaları için ideal bir odak noktası haline getirdiğini vurgulamıştır (s. 447-448).

Sağlık sektöründe Veri Zarflama Analizi uygulaması için yapılan çalışmalarda birçok girdi ve çıktı kullanılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan girdi ve çıktılar tamamen araştırmacının istediği olgulara göre değişiklik göstermektedir. Yapılan çalışmalarda kullanılan girdilere bakacak olursak; toplam çalışan sayısı önemli bir yer tutmaktadır. Bu kapsamda doktorlar, hemşireler, teknisyenler ve idari personel gibi tüm personel grupları dikkate alınabilmektedir. Hastanenin hizmet sunabileceği yatak kapasitesi de önemli bir değerdir. Ayrıca, MR cihazları, ultrason makineleri ve laboratuvar ekipmanları gibi tıbbi ekipman ve teknolojinin sayısı ve özellikleri de analizlerde kullanılabilir. Ek olarak; kuruluşun bütçesi ve finansal kaynakları, yani toplam işletme bütçesi, yatırımlar ve diğer mali kaynakları, etkinlik ölçümünde göz önünde bulundurulabilir. Çıktılara bakacak olursak; tedavi edilen toplam hasta sayısı, ayakta tedavi gören hasta sayısı, yatarak tedavi gören hasta sayısı, ameliyat işlem sayısı, hasta memnuniyeti oranı, hizmet kalitesi göstergeleri kapsamında; enfeksiyon oranları, yeniden hastaneye yatış oranı, ortalama bekleme süresi vb. birçok çıktı kullanılabilmektedir.

Bu girdiler ve çıktılar üzerinden yapılan Veri Zarflama Analizi, sağlık kuruluşlarının kaynaklarını ne kadar verimli kullandıklarını ve hizmet kalitesini nasıl en iyi yaptıklarını ortaya koymaktadır. Böylece, kuruluşlar etkinliklerini artırmak için hangi alanlarda iyileştirme yapmaları gerektiğini belirleyebilirler.

### **3.2 Veri Zarflama Analizinin Temel Kavramları**

Veri Zarflama Analizi (VZA), birden fazla girdi ve çıktı kullanarak benzer birimler arasında görelî etkinlik değerlendirmesi yapan matematiksel bir yöntemdir. Bu analiz, özellikle işletmeler, kamu kurumları veya herhangi bir karar verme biriminin performansını ölçmek için kullanılmaktadır. VZA, doğrusal programlama tekniklerini kullanarak etkinlik sınırını belirlemekte ve birimlerin bu sınıra ne kadar yakın olduğunu hesaplamaktadır. Bu bölümde veri zarflama analizine dair başlıca kavramlara yer alacaktır.

- **Karar Verme Birimleri (KVB):** Analiz edilen ve karşılaştırılan birimlerdir. Örneğin, bankaların şubeleri, hastaneler, okullar veya farklı fabrikalar gibi benzer işlevlere sahip kuruluşlar karar verme birimi olarak seçilebilmektedir.
- **Girdiler:** Karar Verme Birimlerinin (KVB) kullandığı kaynaklar veya maliyet unsurlarıdır. Örnek olarak işgücü saatleri, hammadde miktarı, enerji tüketimi veya yatırım miktarı verilebilmektedir. Sağlık sektöründe girdi olarak; personel sayıları, yatak kapasitesi, ilaç/cihaz maliyetleri vb. kullanılabilir.
- **Çıktılar:** Karar Verme Birimlerinin ürettiği ürünler veya hizmetlerdir. Örneğin üretilen ürün sayısı, sunulan hizmetlerin kalitesi veya satış gelirleri bunlardan bazıları olabilmektedir. Sağlık sektöründe çıktı olarak; ayakta tedavi gören hasta sayısı, yatarak tedavi gören hasta sayısı, ameliyat işlem sayısı, hasta memnuniyeti oranı, yeniden hastaneye yatış oranı, ortalama bekleme süresi vb. kullanılabilir.
- **Etkinlik Skoru:** Girdilerin çıktılara dönüşümündeki verimliliğini gösteren ölçüte “Etkinlik Skoru” denmektedir. Etkinlik skoru, 0 ile 1 arasında değer alırken; 1 tam etkinliği temsil etmektedir. Eğer herhangi bir KVB “1” tam puanına sahipse o birim en etkin çalışan birim olarak sayılmaktadır. Bunun dışında kalanlar “0” ile “1” arasında değer almaktadır ve etkin değildir.
- **Etkinlik Sınırı:** En yüksek etkinlik skoruna sahip birimlerin oluşturduğu sınırdır. Diğer birimler bu sınırın altında kalır ve etkinliklerini artırmak için bu birimlere kıyasla performanslarını geliştirmeye çalışmaktadır.
- **Referans Küme:** Etkin olmayan bir Karar Verme Biriminin (KVB) performansını iyileştirmesi için örnek aldığı etkin KVB'lerin kümesidir. Referans küme, etkinlik sınırını oluşturan KVB'lerden seçilmektedir.
- **Üretim Olanakları Seti:** Bir karar verme biriminin (KVB) belirli girdiler kullanarak elde edebileceği tüm olası çıktı kombinasyonlarını ifade eden üretim olanakları seti, kaynakların en verimli kullanımını temsil eden tüm potansiyel çıktı noktalarını kapsamaktadır.

### 3.3 Veri Zarflama Analizinin Uygulanması

Veri Zarflama Analizinin uygulama süreci, dikkatli bir planlama ve analiz gerektirmektedir. Bu bölümde Veri Zarflama Analizinin adım adım nasıl uygulanacağı detaylı bir şekilde ele alınacaktır.

#### 3.3.1 Karar verme birimlerinin seçimi

VZA'nın ilk adımı, analiz edilecek karar verme birimlerinin belirlenmesidir. Analizin sağlıklı ve güvenilir sonuçlar verebilmesi için KVB'lerin doğru bir şekilde seçilmesi kritik öneme sahiptir. Seçilecek bu birimler, benzer amaçlara sahip ve karşılaştırılabilir özelliklerde olmalıdır. Seçim sürecinde dikkate alınması gereken noktalar şunlardır:

- **Homojenlik:** KVB'ler homojen olmalıdır. Yani, benzer işlevleri yerine getirmesi gerekmektedir. Örneğin, bir bankanın şubeleri, aynı bankacılık hizmetlerini sunmaktadır. Hastaneler neredeyse aynı hizmetleri gerçekleştirmektedir.
- **Karşılaştırılabilirlik:** Birimlerin analizinde kullanılacak girdiler (örneğin, personel sayısı, sermaye miktarı) ve çıktılar (örneğin, üretilen ürün sayısı, hizmet kalitesi) tüm KVB'ler için aynı olmalıdır. Bu, etkinlik değerlendirmesinin adil ve anlamlı olmasını sağlamaktadır.
- **Veri Erişilebilirliği:** Tüm KVB'ler için gerekli olan verilerin eksiksiz bir şekilde toplanması gerekmektedir. Eksik veriler, bazı birimlerin etkinliklerinin yanlış değerlendirilmesine neden olabilmektedir.
- **Örneklem Büyüklüğü:** Analizde kullanılan girdi ve çıktı sayısına bağlı olarak yeterli sayıda KVB'nin dahil edilmesi gerekmektedir. Genel bir kural olarak, toplam değişken sayısının en az üç katı kadar KVB olmalıdır.

#### 3.3.2 Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi

Etkinlik analizi, doğru girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesiyle başlar ve bu adım son derece kritiktir. Seçilen değişkenler, KVB'lerin (Karar Verme Birimlerinin) performansını doğru bir şekilde yansıtarak analizin güvenilirliğini sağlamalıdır. Bu doğruluk için değişkenlerin nicel nitelikte olması ve verilerinin güvenilir bir şekilde elde edilebilmesi gereklidir. Ayrıca, girdi ve çıktı sayıları arasında uygun bir denge kurmak önemlidir; aksi takdirde aşırı sayıda değişken, analiz sürecini gereksiz yere

karmaşık hale getirebilir. Bu bağlamda, çalışmalarda kullanılabilecek başlıca girdiler şunlardır:

- Kaynaklar: İşgücü, sermaye, enerji gibi KVB'nin kullandığı temel kaynaklar.
- Maliyetler: İşletme giderleri, hammadde maliyetleri, bakım ve onarım giderleri.
- Zaman: Projelerin veya hizmetlerin tamamlanma süresi.

Çalışmalarda kullanılabilecek başlıca çıktılar şunlar olabilir;

- Üretim Miktarı: Üretilen ürün sayısı veya hizmet sayısı.
- Gelirler: Satış gelirleri, kar marjları.
- Kalite Ölçütleri: Müşteri memnuniyeti, ürün kalitesi, hata oranları.

### **3.3.3 Veri zarflama modelinin seçimi**

Veri Zarflama Analizi (VZA) uygulanırken, kullanılacak modelin seçiminde; analizin amaçları ve kullanılacak verilerin özellikleri dikkate alınmalı ve titiz bir süreç izlenmelidir. VZA'da kullanılacak modelin seçim aşamasının temelini, analizin amacının net bir şekilde tanımlanması oluşturmaktadır. Çünkü, doğru bir amaç tanımı, sürecin tüm aşamalarını yönlendirebilmektedir. Bu doğrultuda, VZA, kullanıcılarına iki temel yaklaşım sunar:

- Girdi Odaklı
- Çıktı Odaklı

Girdi odaklı modeller, mevcut çıktıları koruyarak girdileri en küçükmeyi hedeflerken, çıktı odaklı modeller ise mevcut girdilerle çıktıları en büyükmeye odaklanmaktadır. Örneğin, eğer amaç kaynak tasarrufu sağlamak ve etkin bir şekilde yönetmekse girdi odaklı modeller, üretim artışı ya da çıktı performansını artırmaksa çıktı odaklı modeller tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra, veri yapısının özellikleri de model seçiminde dikkate alınmalıdır. Girdilerin ve çıktıların kontrol edilebilirliği, veri esnekliği ve doğruluğu seçilen modelin etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Doğru model seçimi, analizin sonuçlarının güvenilir ve uygulanabilir olmasını sağlamakta ve bu sayede stratejik karar alma süreçlerine değerli katkılar sunmaktadır.

### 3.3.4 Veri zarflama modelinin uygulanması

VZA'nın uygulanması sırasında doğrusal programlama problemleri çözülmektedir. Bu çözümler, manuel yöntemlerle karmaşık ve zaman alıcıdır. Ancak modern yazılımlar, bu süreçleri otomatikleştirerek kullanıcılara büyük bir avantaj sağlamaktadır. Aşağıda VZA'nın yazılım aracılığıyla çözümünün de kullanılan bazı programlara yer verilmiştir.

VZA çözümünde kullanılan bazı popüler yazılımlar aşağıdaki gibidir:

- Excel Solver
- Max DEA
- DEA Frontier
- LINGO
- Open Solver

Yukarıda bahsettiğimiz araçlar analiz süreçlerini kolaylaştıran güçlü yazılımlardır. Temel amaçları, kullanıcıya etkinlik skorlarını hızlı bir şekilde sunmaktır. Ancak, bu yazılımlar veri doğruluğunu kontrol etmez ve bu da yanlış analiz sonuçlarına yol açabilmektedir. Bu sebeple, VZA'nın başarılı bir şekilde uygulanması için veri toplama aşamasında dikkatli olunması ve girilen veriler titizlikle kontrol edilmesi gerekmektedir. Doğru veri ile yapılan analizler, VZA'nın karar alma süreçlerinde sağladığı stratejik avantajları en üst noktaya getirecektir.

### 3.3.5 Sonuçların değerlendirilip analiz edilmesi

Veri Zarflama Analizi (VZA) uygulandıktan sonra elde edilen sonuçların doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Bu, modelin etkinliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Sonuçların değerlendirilme süreci, yalnızca mevcut performansı anlamakla kalmaz, aynı zamanda iyileştirme fırsatlarını belirleyerek daha verimli bir kaynak kullanımı sağlanmasına yardımcı olur.

- İlk olarak; etkin ve etkin olmayan birimlerin belirlenmesi gerekmektedir. VZA sonuçlarına göre, etkinlik skoru “1” olan birimler etkin kabul edilmektedir. Etkin olmayan birimler ise bu skoru yakalayamayan birimlerdir. Bu birimlerin düşük etkinlik skorlarının sebepleri detaylı bir şekilde incelenerek, performans

düşüklüğüne yol açan faktörler analiz edilmektedir. Bu analiz, zayıf noktaların belirlenmesi için bir temel sağlamaktadır.

- İkinci olarak; referans birimlerin belirlenmesi gerekmektedir. Etkin olmayan birimlerin iyileştirilmesi için referans alınacak etkin birimler tespit edilmektedir. Bu referans birimler, etkin olmayan birimlerin performansını artırabilmesi için yol gösterici bir rol oynamaktadır. Referans birimlerin analiz edilmesi, etkin olmayan birimlerin hangi süreçlerinde değişiklik yapması gerektiğine dair somut öneriler sunmaktadır.
- Üçüncü olarak; girdi fazlalıklarının ve çıktı eksikliklerinin analiz edilmesi gerekmektedir. Etkin olmayan birimlerin hangi girdileri azaltması veya hangi çıktıları artırması gerektiği analiz edilmektedir. Bu analiz, birimlerin kaynaklarını daha verimli kullanmalarını sağlayarak hem maliyetleri düşürmeye hem de çıktıları artırmaya yönelik bir yol haritası sunmaktadır. Böylece, kaynakların en iyi kullanımı sağlanabilmektedir.
- Dördüncü olarak; ölçek getirisinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Etkin olmayan birimlerin hangi girdileri azaltması veya hangi çıktıları artırması gerektiği analiz edilmektedir. Bu analiz, birimlerin kaynaklarını daha verimli kullanmalarını sağlamaktadır. Bu sayede hem maliyetleri düşürmeye hem de çıktıları artırmaya yönelik bir yol haritası sunmaktadır. Böylece, kaynakların en iyi kullanımı sağlanabilmektedir.
- Son olarak; sonuçların raporlanması ve paylaşılması gerekmektedir. Bu noktada yapılan analizlerin bulguları, anlaşılır bir dil ve görsel desteklerle zenginleştirilmiş bir rapor halinde sunulmaktadır. Bu rapor, yönetim ve ilgili paydaşlarla paylaşılır ve alınan veriler doğrultusunda iyileştirme planları oluşturulur.

### **3.4 Temel Veri Zarflama Analizi Modelleri ve Matematiksel Yapıları**

Veri Zarflama Analizi (VZA), işletmelerin ve organizasyonların performanslarını değerlendirmek için kullanılan esnek ve güçlü bir matematiksel programlama yöntemidir. VZA'nın etkin bir şekilde uygulanabilmesi ve farklı sektörlerdeki karmaşık problemleri çözebilmesi için çeşitli modeller ve bu modellere ait

matematiksel yapılar geliştirilmiştir. Bu bölümde, VZA'nın temelini oluşturan modelleri ve onların matematiksel formülasyonları derinlemesine incelenecektir.

### 3.4.1 Temel VZA modelleri

Bu bölümde, VZA'nın temel modelleri incelenecek, farklı girdi ve çıktı kombinasyonları altında etkinlik analizinin nasıl yapıldığı ele alınacaktır.

#### 3.4.1.1 Bir girdili ve bir çıktılı veri zarflama analizi modeli

Bir girdili ve bir çıktılı model, VZA'nın en basit formudur ve karar verme biriminin (KVB) tek bir girdiyi kullanarak tek bir çıktıyı ne kadar etkin bir şekilde ürettiğini değerlendirmektedir. Özellikle basit üretim süreçlerinin veya tek bir kaynağın kullanıldığı hizmetlerin analizinde kullanışlıdır. Tek girdili ve tek çıktılı model sayesinde, kaynak kullanımının doğrudan çıktıya etkisi net bir şekilde görülebilir ve verimlilik düzeyi kolayca hesaplanabilir.

Bu modelde, bir karar verme biriminin (KVB) etkinliği, çıktıların girdilere oranı olarak ifade edilmektedir. Tek bir girdinin ( $x$ ), tek bir çıktının da ( $y$ ) olduğunu varsayarsak; “ $n$ ” adet KVB bulunduğu, “ $j$ ” inci KVB’nin girdi ve çıktı değerleri sırasıyla “ $x_j$ ” ve “ $y_j$ ” ile gösterilir.

Model şu şekilde doğrusal optimizasyon problemine dönüştürülmektedir:

$$\max \theta = \frac{u y_0}{v x_0} \quad (3.2)$$

Burada:

- “ $y_0$ ” : KVB’nin çıktısı
- “ $x_0$ ” : KVB’nin girdisi
- $u, v$  : Ağırlıkları ifade etmektedir.

Kısıt olarak belli başlı kısıtlamalar olmak zorundadır. O kısıtlamalar şunlardır:

- Tüm KVB’lerin etkinlik skorları 1’i aşmamalıdır.

$$\frac{u y_j}{v x_j} \leq 1 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (3.3)$$

- Ağırlıklar ( $u, v$ ) sıfırdan büyük olmalıdır.

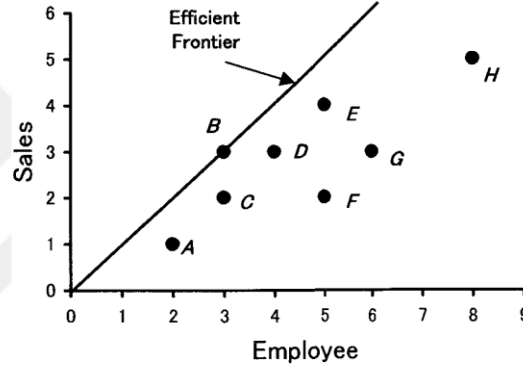
$$u \geq 0 \quad v \geq 0 \quad (3.4)$$

Örnek verecek olursak Cooper ve diğ. (2007) çalışmalarında şu şekilde bahsetmektedir:

**Çizelge 3.2 :** Temel Bir Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007)

| KVB           | A   | B | C     | D    | E   | F   | G   | H    |
|---------------|-----|---|-------|------|-----|-----|-----|------|
| Girdi         | 2   | 3 | 3     | 4    | 5   | 5   | 6   | 8    |
| Çıktı         | 1   | 3 | 2     | 3    | 4   | 2   | 3   | 5    |
| Girdi / Çıktı | 0,5 | 1 | 0,667 | 0,75 | 0,8 | 0,4 | 0,5 | 0,65 |

Çizelge 3.2’de 8 adet Karar Verme Birimi ve bunlara ait Girdi, Çıktı ve Girdi/Çıktı değerleri verilmiştir. Burada Girdi “x” eksenini, Çıktı ise “y” eksenini temsil etmektedir. Her bir KVB’nin Girdi ve Çıktı değerlerine göre konumları Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.1 :** Temel Bir Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007)

Şekil 3.1’de yerleştirilmiş olan her bir noktanın eğimi ( $X/Y$ ) o noktanın etkinlik değerini (Girdi/Çıktı) vermektedir. Şekilde de görüleceği üzere en fazla eğim B noktasında bulunmaktadır. Bu noktanın orjin ile birleştirilmesi sonucu ortaya çıkan doğruya “Etkinlik Sınırı” denir.

Etkinlik sınırı çizgisinin üzerinde en az bir noktanın bulunması ve diğer noktaların bu çizginin altında kalması beklenmektedir. Performans ve hassasiyet ölçümleri, bu sınır çizgisine olan uzaklıkları temel alınarak ölçümlenmektedir. Diğer KVB’lerin etkinliği, B noktasına olan mesafeleri baz alınarak hesaplanır.

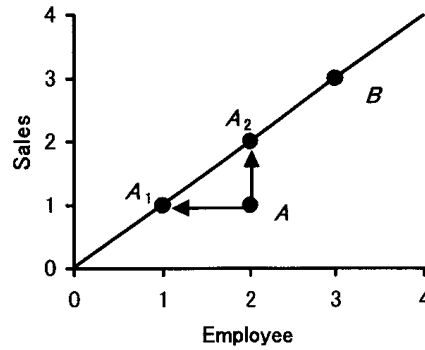
$$0 \leq \frac{\text{Etkin Olmayan KVB} \frac{\text{Girdi}}{\text{Çıktısı}}}{\text{Etkin Olan KVB} \frac{\text{Girdi}}{\text{Çıktısı}}} \leq 1 \quad (3.5)$$

Diğer birimlerinin B'ye göre verimlilikleri yukarıda paylaşılan formüle göre ölçülmektedir. Buradan yola çıkılarak oluşturulan Etkinlik değerleri Çizelge 3.3'de gösterilmektedir.

**Çizelge 3.3 :** Temel Bir Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği Etkinlik Sonuçları.  
(Cooper ve diğ., 2007)

| KVB             | A   | B | C     | D    | E   | F   | G   | H    |
|-----------------|-----|---|-------|------|-----|-----|-----|------|
| Etkinlik Değeri | 0,5 | 1 | 0,667 | 0,75 | 0,8 | 0,4 | 0,5 | 0,65 |

Bu noktadan sonra KVB'lerin nasıl etkin hale getirileceği, yani etkinlik sınırına yaklaştırılacağı sorusu tartışılmaya başlanmaktadır. Şekil 3.2'de görüleceği üzere "A" KVB'si birkaç farklı şekilde iyileştirilebilir. Bunlardan 1.si; girdi sayısını 1'e düşürerek "A<sub>1</sub>" in elde edilmesi, diğeri; çıktı sayısını 2'ye çıkartarak "A<sub>2</sub>" ye ulaşılmasıdır. Bu yollardan herhangi birisi yapıldığında ilgili KVB etkin konuma gelmektedir.



**Şekil 3.2 :** Temel Bir Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği A Noktasının Duyarlılık Analizi. (Cooper ve diğ., 2007)

#### 3.4.1.2 İki girdili ve bir çıktılı veri zarflama analizi modeli

Bu model, iki farklı girdinin tek bir çıktı üzerindeki etkisini değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır. Örneğin, bir üretim sürecinde hem hammadde hem de işgücü gibi iki temel girdini bulunduğu bir durumda, model etkinlik analizinde bir önceki modele göre daha detaylı bir perspektif sunmaktadır. Bu sayede, her bir girdinin çıktı üretimine katkısı ayrı ayrı değerlendirilebilir ve kaynakların daha verimli kullanılması için stratejiler geliştirilebilir.

Bu modelde, bir karar verme birimi (KVB) için etkinlik, iki farklı girdi ve tek bir çıktı ile değerlendirilir. İki girdinin ( $x_1, x_2$ ), tek çıktının' da ( $y$ ) olduğunu varsayarsak; "n"

adet KVB bulunduğunda, “j” inci KVB’nin girdi ve çıktı değerleri sırasıyla “ $x_{1j}$ ”, “ $x_{2j}$ ” ve “ $y_j$ ” ile gösterilmektedir.

Model şu şekilde doğrusal optimizasyon problemine dönüştürülmektedir:

$$\max \theta = \frac{u y_0}{((v_1 x_{10}) + (v_2 x_{20}))} \quad (3.6)$$

Burada:

- “ $y_0$ ” : KVB’nin çıktısı
- “ $x_{10}$ ”, “ $x_{20}$ ” : KVB’nin girdileri
- $u, v_1, v_2$  : Ağırlıkları ifade etmektedir.

Kısıt olarak belli başlı kısıtlamalar olmaktadır. O kısıtlamalar şunlardır:

- Tüm KVB’lerin etkinlik skorları 1’i aşmamalıdır.

$$\frac{u y_j}{(v_1 x_{1j} + v_2 x_{2j})} \leq 1 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (3.7)$$

- Ağırlıklar ( $u, v$ ) sıfırdan büyük olmalıdır.

$$u \geq 0 \quad v_1 \geq 0 \quad v_2 \geq 0 \quad (3.8)$$

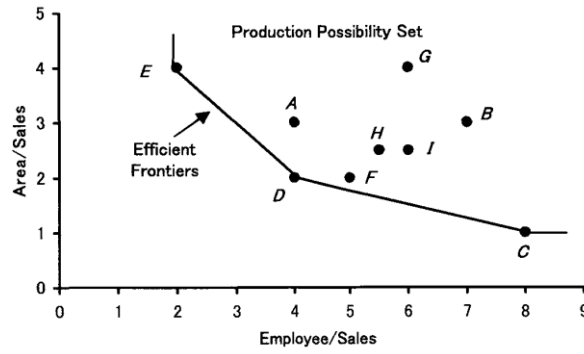
Cooper ve diğ. (2007) çalışmalarında şu şekilde bahsetmektedir:

**Çizelge 3.4 :** Temel İki Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007)

| KVB     | A | B | C | D | E | F | G | H   | I   |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|-----|-----|
| Girdi-1 | 4 | 7 | 8 | 4 | 2 | 5 | 6 | 5,5 | 6   |
| Girdi-2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2,5 | 2,5 |
| Çıktı   | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1   | 1   |

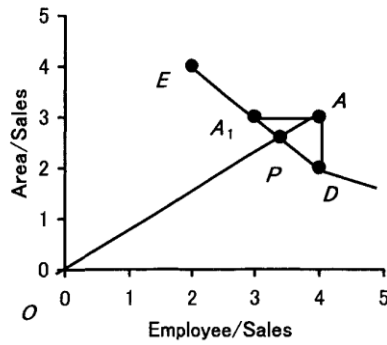
Çizelge 3.4’de 9 adet Karar Verme Birimi ve bunlara ait Girdiler ve Çıktı değerleri verilmiştir. Verilen örneğin net olarak anlaşılabilmesi için çıktı değerleri “1” olarak ele alınmıştır.

Burada (*Girdi-1 / Çıktı*) X eksenini, (*Girdi-2 / Çıktı*) ise Y eksenini temsil etmektedir. Bununla birlikte her bir KVB’nin (*Girdi-1,2 / Çıktı*) değerlerine göre konumları Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.3 :** Temel İki Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007)

Şekil 3.3’de verimlilik açısından, bir birim çıktı elde etmek için daha az girdi kullanan KVB’lerin daha verimli oldukları gözlemlenmektedir. C, D ve E noktalarını birleştiren çizgi "etkinlik sınırıdır". Bu sınır üzerinde bulunan hiçbir nokta, diğer bir girdiyi kötüleştirmeden bir girdiyi iyileştirememektedir. Etkin sınır çizgisi, C'den geçen yatay çizgi ve E'den geçen dikey çizgiyle birlikte tüm veri noktalarını çevreleyen bir alan (zarf) oluşturmaktadır; bu alana "üretim olanakları seti" denmektedir.



**Şekil 3.4 :** Temel İki Girdi Bir Çıktı Veri Zarflama Örneği A Noktasının Duyarlılık Analizi. (Cooper ve diğ., 2007)

Etkinlik sınırın dışında kalan mağazaların verimlilikleri, sınır çizgisindeki bir referans noktasına göre ölçülmektedir. Şekil 3.4’de gösterildiği üzere; A noktası verimsizdir ve orjinden A'ya uzanan OA çizgisi, sınır çizgisini P noktasında kesmektedir. A'nın verimliliği,  $OP/OA$  oranı ile hesaplanmakta ve bu örnekte 0.8571 olarak bulunmaktadır. Bu, A'nın verimsizliğinin D ve E noktalarının bir kombinasyonu ile değerlendirildiği anlamına gelmektedir, çünkü P noktası bu iki noktayı birleştiren çizgi üzerindedir.

Her verimsiz mağaza için referans seti farklılık gösterebilmektedir. Örneğin, B mağazasının referans seti C ve D noktalarından oluşurken, grafikte birçok mağazanın D noktası yakınında yoğunlaştığı gözlemlenmektedir. Bu nedenle “D” hem verimli hem de "temsil edici" bir mağaza olarak nitelendirilmektedir. C ve E noktaları ise

verimli olmalarına rağmen diğer KVB'lerden uzaktadır. Bu da C ve E'nin benzersiz özelliklere sahip olduğunu göstermektedir.

### 3.4.1.3 Bir girdili ve iki çıktılı veri zarflama analizi modeli

Üçüncü olarak, Bir Girdili ve İki Çıktılı Model ele alınacaktır. Bu model, tek bir girdinin birden fazla çıktı üretmek için nasıl kullanıldığını analiz etmektedir. Özellikle, çok ürünlü üretim yapan işletmeler veya çok yönlü hizmet sunan organizasyonlar için bu model oldukça faydalıdır. Tek bir kaynağın farklı çıktılar üretmedeki etkinliğini değerlendirmek, işletmelerin hangi ürün veya hizmetlere odaklanmaları gerektiği konusunda önemli içgörüler sağlayabilmektedir.

Bu modelde, bir karar verme birimi (KVB) için etkinlik, tek girdi ve çift çıktı ile değerlendirilmektedir. Tek girdi ( $x$ ), çift çıktının da sırasıyla ( $y_1, y_2$ ) olduğu varsayılırsa; " $n$ " adet KVB bulunduğu, " $j$ " inci KVB'nin girdi ve çıktı değerleri sırasıyla " $x_j$ ", " $y_{1j}$ " ve " $y_{2j}$ " ile gösterilmektedir.

Model şu şekilde doğrusal optimizasyon problemine dönüştürülmektedir:

$$\max \theta = \frac{((u_1 y_{10}) + (u_2 y_{20}))}{(v x_0)} \quad (3.9)$$

Burada:

- " $y_{10}$ ", " $y_{20}$ " : KVB'nin çıktısı
- " $x_0$ " : KVB'nin girdileri
- $u_1, u_2, v$  : Ağırlıkları ifade etmektedir.

Kısıt olarak belli başlı kısıtlamalar olmaktadır. O kısıtlamalar şunlardır:

- Tüm KVB'lerin etkinlik skorları 1'i aşmamalıdır.

$$\frac{((u_1 y_{1j}) + (u_2 y_{2j}))}{(v x_j)} \leq 1 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (3.10)$$

- Ağırlıklar ( $u, v$ ) sıfırdan büyük olmalıdır.

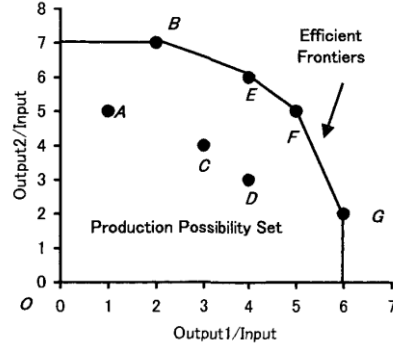
$$u_1 \geq 0 \quad u_2 \geq 0 \quad v \geq 0 \quad (3.11)$$

Cooper ve diğ. (2007) çalışmalarında şu şekilde bahsetmektedir:

**Çizelge 3.5 : Temel Bir Girdi İki Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007)**

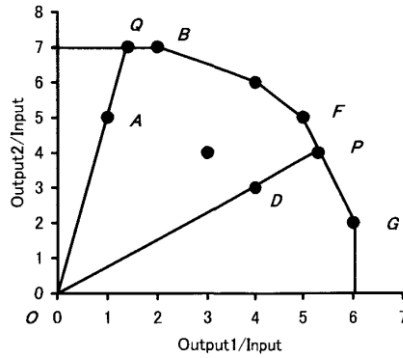
| KVB     | A | B | C | D | E | F | G |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| Girdi   | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Çıktı-1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| Çıktı-2 | 5 | 7 | 4 | 3 | 6 | 5 | 2 |

Çizelge 3.5’de 7 adet Karar Verme Birimi ve bunlara ait Girdi ve Çıktılar verilmiştir. Örneğin net olarak anlaşılabilmesi için girdi değerleri “1” olarak ele alınmıştır. Burada  $(Girdi / Çıktı-1)$  X eksenini,  $(Girdi / Çıktı-2)$  ise Y eksenini temsil etmektedir. Bununla birlikte her bir KVB’nin  $(Girdi / Çıktı-1,2)$  değerlerine göre konumları Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



**Şekil 3.5 :** Temel Bir Girdi İki Çıktı Veri Zarflama Örneği. (Cooper ve diğ., 2007)

Verimlilik analizi yapılırken, her bir değişken girdi sayısına bölünerek birim bazında bir etkin sınır oluşturulmaktadır. Şekil 3.5’de B, E, F ve G noktalarını birleştiren çizgi, bu etkin sınırı temsil etmektedir. Bu sınır üzerindeki noktalar, mevcut giriş miktarlarıyla en büyük çıktı sağlandığını ve dolayısıyla verimli olduklarını göstermektedir. Diğer noktalar ise etkin sınırın altında kalarak, nispeten verimsiz olarak değerlendirilmektedir.



**Şekil 3.6 :** Temel Bir Girdi İki Çıktı Veri Zarflama Örneği A Noktasının Duyarlılık Analizi. (Cooper ve diğ., 2007)

Şekil 3.6’da gösterildiği üzere A, C, D noktaları etkinlik sınırının dışında kalmaktadır. "D" noktasının teknik etkinliği; etkin sınır üzerinde yer alan "P" noktası ile kıyaslanarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplama, "D" noktasının orijine olan uzaklığının "P" noktasının orijine olan uzaklığına oranı alınarak gerçekleştirilmektedir. Bu oran şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\frac{d(0,D)}{d(0,P)} \quad (3.12)$$

Burada  $d(0,D)$ , "D" noktasının koordinatları (4,3) kullanılarak " $\sqrt{4^2+3^2}=5$ " olarak bulunmaktadır.  $d(0,P)$  ise "P" noktasının koordinatları (16/3, 4) kullanılarak " $\sqrt{(16/3)^2+4^2}=20/3$ " olarak bulunmaktadır. Sonuçta, teknik etkinlik oranı " $5/(20/3)=0.755$ " olarak elde edilmektedir. Bu değer, "D" noktasının çıktılarının %75 etkin olduğunu ve etkin sınırdaki "P" noktasına ulaşabilmesi için %25'lik bir iyileştirme gerektiğini göstermektedir.

Şekil 3.6'da dikkat edilmesi gereken bir noktada şudur; "A" Karar Verme Birimi etkin hale getirildikten sonra Q noktasına ulaşmaktadır. Q ve B noktaları etkin sınır üzerinde yer alsalar da, Q noktası daha az girdi ile aynı çıktıyı üretebilmektedir. Q etkinlik sınırında yer almasına rağmen B noktasına göre daha etkindir. Bu, B noktasının Q'ya göre daha verimsiz olduğunu göstermektedir. Bu duruma "teknik etkinsizlik" denmektedir. Ek olarak, Q ile B arasında yapılan kıyaslamaya benzer şekilde KVB'ler arasında geliştirme yapılırken "eğim" değiştirilirse, yani girdi veya çıktılar arasında bir dengesizlik varsa (atıl kullanım gibi), bu duruma da "karma etkinsizlik" denmektedir.

### 3.4.2 CCR VZA modeli (charnes, cooper, rhodes modeli)

CCR modeli, Veri Zarflama Analizi'nin (VZA) temel taşı olarak kabul edilen bir yöntemdir ve 1978 yılında Charnes ve diğerleri tarafından geliştirilmiştir. Bu model, karar verme birimlerinin (KVB) etkinliğini değerlendirirken girdiler ve çıktılar arasındaki doğrusal ilişkiyi analiz etmektedir. CCR modeli, sabit getiri varsayımı (Constant Returns to Scale - CRS) ile çalışmaktadır. Yani girdilerdeki orantılı bir artışın çıktılarda da aynı oranda artışa yol açacağını varsaymaktadır.

Cook ve Seiford (2009)'a göre matematiksel model şu şekilde ifade edilmektedir:

*"Birbirinden bağımsız "n" adet Karar Verme Birimi (KVB) varsayılırsa; Her bir KVB "j" (j = 1, ..., n) harfi ile indexlenirken, bunların girdileri (x), çıktılarda (y) harfiyle indexlenmektedir. KVB'ler "m" adet girdi  $x_{ij}$  (i=1, ..., m) kullanarak, "s" adet çıktıyı  $y_{rj}$  (r=1, ..., s) üretmektedir. Çıktılar (r) ve girdiler (i) ile ilişkili fiyatlar veya çarpanlar ( $u_r, v_i$ ) sırasıyla biliniyorsa, geleneksel fayda/maliyet teorisinden yararlanarak j. KVB'nin etkinliği  $e_j$  (ağırlıklı çıktılarının ağırlıklı girdilere oranı) olarak ifade edilebilir." Yani;*

$$E_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (3.13)$$

Burada:

- “ $y_{r0}$ ” : “0” no’lu KVB’nin “ $r$ ” no’lu çıktısı
- “ $x_{i0}$ ” : “0” no’lu KVB’nin “ $i$ ” no’lu girdisi
- “ $u_r$ ” : “ $r$ ” no lu çıktı için ağırlık
- “ $v_i$ ” : “ $i$ ” no lu girdi için ağırlık
- “ $s$ ” : Çıktı sayısı
- “ $m$ ” : Girdi sayısı
- “ $n$ ” : KVB sayısını ifade etmektedir.

Kısıt olarak belli başlı kısıtlamalar olmaktadır. O kısıtlamalar şunlardır:

- Tüm KVB’lerin etkinlik skorları 1’i aşmamalıdır.

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \leq 1 \quad \forall j = 1, \dots, n \quad (3.14)$$

- Ağırlıklar ( $u, v$ ) sıfırdan büyük olmalıdır.

$$u_r \geq 0 \quad v_i \geq 0 \quad \forall r, i \quad (3.15)$$

Cook ve Seiford (2009) verimlilik analizinde kullanılan *fayda/maliyet* oranlarının, standart mühendislikteki verimlilik oranlarının temelini oluşturduğunu belirtmektedir. Girdi ve çıktıların ilgili ağırlıklar bilinmediği durumlarda, Charnes ve diğ. (1978), belirli bir Karar Verme Birimi (KVB) için uygun ağırlıkları türetmek amacıyla özel bir doğrusal olmayan programlama modeli önermiştir. Özellikle, bu model, belirli bir KVB’nin teknik etkinliğini ölçmek için, kesirli programlama probleminin çözümüne dayalı olarak tanımlanmaktadır. Girdi ve Çıktı odaklı CCR modelinin formülleri aşağıda verilmiştir.

#### 3.4.2.1 Girdi odaklı CCR modeli

Girdi odaklı CCR modelinin temel amacı, belirli bir çıktı seviyesini koruyarak girdilerin en küçüğe indirilmesini sağlamaktır. İlgili modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıda paylaşılmıştır.

- Girdi odaklı CCR modeli için amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\max \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \quad (3.16)$$

- Girdi odaklı CCR modeli için kısıtlar aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} = 1 \quad (3.17)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \geq 0 \quad \forall_k \quad (3.18)$$

$$u_r \geq 0 \quad v_i \geq 0 \quad (3.19)$$

- Girdi odaklı CCR modelinde kullanılan notasyonların açıklamaları aşağıda verilmiştir:

- “ $y_{rj}$ ” : “ $j$ ” no’lu KVB’nin “ $r$ ” no’lu çıktısı
- “ $x_{ij}$ ” : “ $j$ ” no’lu KVB’nin “ $i$ ” no’lu girdisi
- “ $u_r$ ” : “ $r$ ” no lu çıktı için ağırlık
- “ $v_i$ ” : “ $i$ ” no lu girdi için ağırlık
- “ $s$ ” : Çıktı sayısı
- “ $m$ ” : Girdi sayısı
- “ $j$ ” : Değerlendirilen KVB
- “ $k$ ” : Diğer KVB’ler
- “ $n$ ” : Total KVB sayısını ifade etmektedir.

#### 3.4.2.2 Çıktı odaklı CCR modeli

Çıktı odaklı CCR modelinin yapısı girdileri sabit tutarken, çıktıların en büyük noktaya ulaştırılması üzerinedir. İlgili modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıda paylaşılmıştır.

- Çıktı odaklı CCR modeli için amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\min \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \quad (3.20)$$

- Çıktı odaklı CCR modeli için kısıtlar aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = 1 \quad (3.21)$$

$$-\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} + \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \geq 0 \quad \forall_k \quad (3.22)$$

$$u_r \geq 0 \quad v_i \geq 0 \quad (3.23)$$

- Çıktı odaklı CCR modelinde kullanılan notasyonların açıklamaları aşağıda verilmiştir:
  - “ $y_{rj}$ ” : “ $j$ ” no’lu KVB’nin “ $r$ ” no’lu çıktısı
  - “ $x_{ij}$ ” : “ $j$ ” no’lu KVB’nin “ $i$ ” no’lu girdisi
  - “ $u_r$ ” : “ $r$ ” no lu çıktı için ağırlık
  - “ $v_i$ ” : “ $i$ ” no lu girdi için ağırlık
  - “ $s$ ” : Çıktı sayısı
  - “ $m$ ” : Girdi sayısı
  - “ $j$ ” : Değerlendirilen KVB
  - “ $k$ ” : Diğer KVB’ler
  - “ $n$ ” : Total KVB sayısını ifade etmektedir.

### 3.4.3 BCC VZA modeli (banker, charnes ve cooper modeli)

VZA'nın temel modellerinden biri olan BCC (Banker, Charnes ve Cooper) modeli, değişken ölçekli getiriler (VRS) varsayımı altında çalışır ve karar birimlerini kendi ölçeklerinde değerlendirerek daha esnek bir etkinlik analizi sunmaktadır. BCC modeli, özellikle farklı ölçeklerde faaliyet gösteren birimler arasında daha adil bir karşılaştırma yapma imkânı tanımaktadır. Girdi odaklı ya da çıktı odaklı olarak uygulanabilen bu model, karar verme birimlerinin performansını en iyilemek için girdileri en küçükleme veya çıktıları en büyükleme amaçlamaktadır. Bu bölümde BCC modelinin matematiksel yapısı ele alınacaktır.

#### 3.4.3.1 Girdi odaklı BCC modeli

Girdi odaklı BCC modeli, çıktıyı sabit tutarak, kullanılan girdilerin en küçüklemesini sağlamaktadır. Bu model, bir karar verme biriminin (KVB) mevcut çıktılarını aynı tutmak koşuluyla girdilerini ne kadar azaltabileceğini analiz etmektedir. İlgili modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıda paylaşılmıştır.

Cook ve Seiford (2009)’a göre Girdi odaklı BCC VZA’nın matematiksel modeli şu şekilde ifade edilmektedir:

- Girdi odaklı BCC modeli için amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (3.24)$$

- Girdi odaklı BCC modeli için kısıtlar aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0 - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad \forall_j \quad (3.25)$$

$$u_r \geq \epsilon \quad v_i \geq \epsilon \quad \forall i, r \quad (3.26)$$

- Girdi odaklı BCC modelinde kullanılan notasyonların açıklamaları aşağıda verilmiştir:

- “ $y_{rj}$ ” : “ $j$ ” no’lu KVB’nin “ $r$ ” no’lu çıktısı
- “ $x_{ij}$ ” : “ $j$ ” no’lu KVB’nin “ $i$ ” no’lu girdisi
- “ $u_r$ ” : “ $r$ ” no lu çıktı için ağırlık
- “ $v_i$ ” : “ $i$ ” no lu girdi için ağırlık
- “ $s$ ” : Çıktı sayısı
- “ $m$ ” : Girdi sayısı
- “ $u_0$ ” : Gevşeklik Değişkeni
- “ $\epsilon$ ” : Pozitif küçük bir değer
- “ $n$ ” : Total KVB sayısını ifade etmektedir.

### 3.4.3.2 Çıktı odaklı BCC modeli

Çıktı odaklı BCC modeli, girdiyi sabit tutarak üretilen çıktıyı en büyükmeyi amaçlamaktadır. Bu model, karar verme biriminin (KVB) aynı girdilerle daha fazla çıktı üretip üretemeyeceğini değerlendirmektedir. İlgili modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıda paylaşılmıştır.

- Çıktı odaklı BCC modeli için amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\min \frac{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} - v_0}{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}} \quad (3.27)$$

- Çıktı odaklı BCC modeli için kısıtlar aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - v_0 - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0 \quad \forall j \quad (3.28)$$

$$u_r \geq \epsilon \quad v_i \geq \epsilon \quad \forall i, r \quad (3.29)$$

- Çıktı odaklı BCC modelinde kullanılan notasyonların açıklamaları aşağıda verilmiştir:
  - “ $y_{rj}$ ” : “ $j$ ” no’lu KVB’nin “ $r$ ” no’lu çıktısı
  - “ $x_{ij}$ ” : “ $j$ ” no’lu KVB’nin “ $i$ ” no’lu girdisi
  - “ $u_r$ ” : “ $r$ ” no lu çıktı için ağırlık
  - “ $v_i$ ” : “ $i$ ” no lu girdi için ağırlık
  - “ $s$ ” : Çıktı sayısı
  - “ $m$ ” : Girdi sayısı
  - “ $u_0$ ” : Gevşeklik Değişkeni
  - “ $\epsilon$ ” : Pozitif küçük bir değer
  - “ $n$ ” : Total KVB sayısını ifade etmektedir.

### 3.5 Bulanık Veri Zarflama Analizi

Kao ve Liu (2000) Karar Verme Birimlerinin (KVB) verimliliğini ölçmenin, ekonomik ve davranışsal karmaşıklıkları içermesi nedeniyle zor bir görev olduğunu belirtmiştir. Yazarlar, bu durumun özellikle birden fazla girdinin ve çıktının kullanıldığı durumlarda daha karmaşık hale geldiğini, çünkü girdiler ve çıktılar için ayrı ayrı ağırlıkların belirlenmesinin gerektiğini, belirlenirken de öznelliğe dayandığını ifade etmişlerdir. Bu sorunu çözmek için Charnes ve diğ. (1978) Veri Zarflama Analizi (VZA) yaklaşımını önerdiğini belirten yazarlar, bu yöntemin her KVB’nin kendisi için en uygun ağırlıkları seçmesine olanak tanıdığını ve tüm KVB’lerin toplam çıktı-toplam girdi oranlarının 1’e eşit ya da daha küçük olmasını şart koştuğunu vurgulamışlardır.

Veri Zarflama Analizi (VZA), oldukça kullanışlı bir yöntem olmakla birlikte, verilerin hassasiyetine karşı son derece duyarlıdır. Bu hassasiyet nedeniyle, verilerde meydana gelebilecek küçük bir değişiklik bile analiz sonuçlarının güvenilirliğini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bununla birlikte hizmet sektöründe tam ve doğru veri elde etmek genellikle zor olduğundan, normal VZA kullanımı analiz sonuçlarının doğruluğunda şüphe uyandırmaktadır. Bu tür sorunların önüne geçebilmek için, Bulanık Veri

Zarflama Analizi gibi yöntemler devreye girmekte ve eksik ya da belirsiz verilerle çalışılmasına olanak sağlamaktadır. Kao ve Liu (2000), Sengupta (1992)'nın stokastik bir Veri Zarflama Analizi (VZA) modelini belirli üyelik fonksiyonları aracılığıyla ilk kez bulanık programlama yorumuna dönüştürdüğünü belirtmiştir.

Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA), geleneksel Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemine, bulanık mantık teorisinin eklenmesiyle geliştirilmiş bir yaklaşımdır. Belirsizlik ve karmaşıklığın hâkim olduğu durumlarda karar verme süreçlerini desteklemeyi amaçlamaktadır. Özellikle ölçüm belirsizlikleri, veri eksiklikleri veya öznel değerlendirmelerin rol oynadığı ortamlarda, BVZA, daha esnek ve gerçekçi analizler sunma potansiyeline sahiptir.

Guo ve Tanaka (2001), Bulanık VZA modellerinin, CCR modelini daha genel bir yapıya genişleterek; kesin, bulanık ve hibrit verilerin kolayca işlenebilmesini sağladığını belirtmiştir. Yazarlar, insan düşüncesi ve yargılarında her zaman belirsizlik bulunduğundan, bulanık VZA modellerinin gerçek dünyada sıkça karşılaşılan algısal değerlendirme problemleri için önemli bir çözüm aracı olarak öne çıkabileceğini ifade etmiştir.

Klasik VZA, belirli bir girdi ve çıktı seti üzerinden karar verme birimlerinin (KVB) görelî etkinliğini ölçerken, BVZA, belirsizliklerin doğal bir şekilde modellenmesine olanak tanımaktadır. Bu yöntemde bulanık sayılar, veri setindeki kesin olmayan ifadelerle tanımlanan bilgilerin modellenmesi için kullanılmaktadır. Böylece, yalnızca kesin verilere dayalı analiz yapmanın ötesine geçilerek daha kapsayıcı bir çerçeve sunulabilmektedir.

### **3.5.1 Bulanık verilerin sınıflandırılması**

Oruç (2008) geleneksel Veri Zarflama Analizi (VZA) modellerinin yalnızca girdilerin ve çıktıların kesin olarak bilindiği durumlarda uygulanabildiğini belirtmiştir. Ancak, verilerin tam olarak belirlenemediği durumlar için Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) modellerinin geliştirildiğini ifade etmiştir. BVZA'nın, verileri dört farklı kategoride ele aldığını vurgulayan Oruç (2008), bu kategorileri şu şekilde sıralamıştır:

- Belirli sınırları bilinen veriler,
- Sıralama ilişkilerine dayalı sözel veriler,
- Tamamen eksik veriler,

- Kesin değerlere sahip veriler.

Oruç (2008) bu yaklaşımla belirsizlik içeren durumlarda da etkinlik ölçümlerinin yapılabileceğini ifade etmiştir.

### 3.5.2 Bulanık veri zarflama analizi yaklaşımları

Bağrıyanık (2015) Veri Zarflama Analizi (VZA) modellerinin doğrusal programlama temelli olduğunu ve bu nedenle bulanık VZA problemlerine çözüm için, bulanık doğrusal programlama yöntemlerinin kullanımının uygun olduğunu belirtmiştir. Literatürde Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) problemleri için dört farklı çözüm yaklaşımlarının ne çıktığını ifade eden yazar, bu yaklaşımları şu şekilde sıralamıştır:

- Tolerans yöntemi,
- Bulanıklığı giderme yöntemi,
- $\alpha$  seviyesi yöntemi,
- Bulanık sıralama yöntemi.

Bağrıyanık (2015) bu yaklaşımların farklı bulanıklık düzeylerini ele alarak problemleri çözmeyi hedeflediğini vurgulamıştır.

Çidem (2019) “tolerans yöntemi” nin bulanık veriler kullanılarak eşitlik ve eşitsizliklerin bulanıklaştırıldığı bir yöntem olduğunu, ancak girdilerin ve çıktılarının kesin olmadığı durumlarda sınırlı bir kullanım alanı sunduğunu belirtmiştir. Yazar, Bulanık Veri Zarflama Analizinde (BVZA) en yaygın kullanılan yöntemin “ $\alpha$  seviyesi yöntemi” yaklaşım olduğunu ifade etmiş ve bu yöntemin BVZA modelini çift parametrik bir programa dönüştürerek çözüm sunduğunu vurgulamıştır.

Bulanık sıralama yaklaşımının, Guo ve Tanaka (2001) tarafından geliştirildiğini ve bulanık eşitlik ile eşitsizliklerin sıralama yöntemiyle ifade edildiği iki aşamalı bir model sunduğunu ifade eden idem (2019), Lertworasirikul ve diğ. (2003) tarafından geliştirilen bulanıklıktan kurtarma yaklaşımının ise bulanık veri değerlerini kesin değerlere çevirerek çözüm sunduğunu belirtmiştir. Yazar, bu yöntemlerin BVZA problemlerine farklı perspektifler getirdiğini dile getirmiştir.

### 3.5.3 Bulanık veri zarflama analizi modelleri

Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) modelleri, karar birimlerinin etkinliğini belirsizlik ortamında değerlendirmek için geliştirilen bir dizi farklı yaklaşımdan oluşmaktadır. Bu modeller, belirsizliği ve dilsel değişkenleri analiz süreçlerine entegre ederek geleneksel Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemine önemli bir esneklik kazandırmaktadır. Her model, belirli bir ihtiyaç ya da senaryo için tasarlanmış olmakla birlikte, bulanık mantığın sağladığı avantajları karar verme süreçlerine taşımaktadır. Bazı modeller, bulanık verileri üçgen veya trapez şeklindeki bulanık sayılarla ifade ederek etkinlik analizi yaparken; bazıları, belirsizliği çözümlemek için  $\alpha$ -seviyeli yaklaşımları veya olasılık tabanlı bulanık mantık tekniklerini benimsemektedirler. Modellerin bu çeşitliliği, farklı karar ortamları ve uygulama alanlarında esneklik sağlamaktadır.

Kao ve Liu (2000), Bulanık veri zarflama analizinin genel gösterimini şu şekilde göstermektedir:

- Bulanık Veri Zarflama Analizi amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\max \frac{\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{i0}} \quad (3.30)$$

- Bulanık Veri Zarflama Analizinde kısıtlar aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{i0}} \leq 1 \quad (3.31)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r \tilde{Y}_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i \tilde{X}_{ij}} \leq 1 \quad (3.32)$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad j \neq 0 \quad (3.33)$$

$$u_r \geq \epsilon \quad v_i \geq \epsilon \quad \forall i, r \quad (3.34)$$

- Bulanık Veri Zarflama Analizinde kullanılan notasyonların açıklamaları aşağıda verilmiştir:
  - “ $\tilde{Y}_{r0}$ ”: “0” no’lu KVB’nin “r” no’lu Bulanık çıktısı
  - “ $\tilde{X}_{i0}$ ”: “0” no’lu KVB’nin “i” no’lu Bulanık girdisi
  - “ $\tilde{Y}_{rj}$ ”: “j” no’lu KVB’nin “r” no’lu Bulanık çıktısı
  - “ $\tilde{X}_{ij}$ ”: “j” no’lu KVB’nin “i” no’lu Bulanık girdisi

- “ $u_r$ ” : “ $r$ ” no lu çıktı için ağırlık
- “ $v_i$ ” : “ $i$ ” no lu girdi için ağırlık
- “ $s$ ” : Çıktı sayısı
- “ $m$ ” : Girdi sayısı
- “ $n$ ” : Total KVB sayısını ifade etmektedir.

BVZA modellerinin derinliği ve çeşitliliği, onların yalnızca akademik literatürde değil, aynı zamanda gerçek dünyadaki karmaşık problemlerin çözümünde de etkili bir araç haline gelmesini sağlamaktadır. Oruç (2008) Çizelge 3.6’da gösterildiği üzere, literatürde kendine yer bulan 10 adet Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) modelini; “modelin veri türü”, “bulanık verinin üyelik fonksiyonu” ve “etkinlik değeri” ne göre sınıflandırmıştır.

**Çizelge 3.6 : Bulanık Veri Zarflama Modelleri Sınıflandırması. (Oruç, 2008)**

| Modelin Yazarı                            | Modelin Veri Türü                                                                                    | Bulanık Verinin Üyelik Fonksiyonu                                                  | Etkinlik Değeri                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Despotis-Smirlis</b>                   | - Aralığı belirli veriler<br>- Net (kesin) değeri olan veriler<br>- Sıralı veri yapısı               | - Monoton artış gösteren bir fonksiyon                                             | - KVB’ler (Karar Verme Birimleri) için hesaplanabilecek en yüksek etkinlik skoru                                                                                                                 |
| <b>Cook-Kress-Seiford</b>                 | - Aralığı tanımlanmış veriler<br>- Kesin değeri bilinen veriler<br>- Sıralanabilir veri grupları     | - Üyelik fonksiyonu tanımlanmamış                                                  | - KVB’lerin erişebileceği en yüksek performans derecesi                                                                                                                                          |
| <b>Cooper-Park-Yu</b>                     | - Belirli bir aralığa sahip veriler<br>- Kesin (tam) değeri bilinen veriler<br>- Sıralı veri setleri | - Üyelik fonksiyonu açısından herhangi bir kısıtlama yok                           | - KVB’lerin elde edebileceği en üst düzey etkinlik değeri                                                                                                                                        |
| <b>Kao-Liu</b>                            | - Aralığı belirli veriler<br>- Kesin değeri bilinen veriler<br>- Sıralı veri türü                    | - Üyelik fonksiyonu, karar vericinin problem başında tanımlamasına bağlıdır        | Tüm KVB’lerin $\mu \geq \alpha$ düzeyindeki girdi ve çıktı bilgilerinin kullanıldığı senaryoda, $\mu \geq \alpha$ deki etkinlik değerinin üst-alt sınırlarının üyelik fonksiyonuyla belirlenmesi |
| <b>Saati-Memariani-Jahanshahloo</b>       | - Aralığı belirli veriler<br>- Kesin değeri bilinen veriler                                          | - Üçgen biçimli üyelik fonksiyonu                                                  | Tüm KVB’lerin $\mu \geq \alpha$ düzeyindeki girdi/çıktı bilgileri kullanılır. Önce bu değişkenlere ait ağırlıkların belirlenir, ardından hem etkinlik hem de üyelik fonksiyonunu hesaplanır      |
| <b>Lertworasirikul</b>                    | - Sınırları net veriler<br>- Değeri kesin olarak bilinen veriler                                     | - Üyelik fonksiyonu, karar verici problemin başlangıcında belirler. Kısıtlama yok. | Tüm KVB’lerin $\mu \geq \alpha$ düzeyindeki girdi ve çıktı verileri değerlendirildiğinde, benimsenen modele göre hesaplanan etkinlik değeri                                                      |
| <b>Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle</b> | - Belirli bir aralığa sahip veriler<br>- Kesin değeri bilinen veriler                                | - Üyelik fonksiyonu, karar verici problemin başlangıcında belirler. Kısıtlama yok. | Tüm kısıtların $\mu \geq \alpha$ düzeyinde tanımlanması durumunda, elde edilen $\mu \geq \alpha$ ’daki etkinlik değeri                                                                           |

**Çizelge 3.6 (devam) : Bulanık Veri Zarflama Modelleri Sınıflandırması. (Oruç, 2008)**

| Modelin Yazarı                 | Modelin Veri Türü                                                          | Bulanık Verinin Üyelik Fonksiyonu  | Etkinlik Değeri                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Guo-Tanaka</b>              | - Aralığı tanımlı veriler<br>- Kesin değeri bilinen veriler                | - Simetrik üçgen üyelik fonksiyonu | Tüm KVB'lerin $\mu \geq \alpha$ 'daki girdi ve çıktı verilerinin kullanılması durumunda, her KVB için önce girdilere sonra çıktılarına verilecek ağırlıkların belirlenmesi ile hesaplanan etkinlik değeri ve üyelik fonksiyonu |
| <b>Leon-Liern-Ruiz-Sirvent</b> | - Aralığı net şekilde belirlenen veriler<br>- Kesin değeri bilinen veriler | - Yamuk biçimli üyelik fonksiyonu  | Tüm KVB'lerin $\mu = \alpha$ düzeyindeki girdi-çıktı verileri değerlendirildiğinde, $\mu = \alpha$ üyelik derecesine bağlı olarak hesaplanan etkinlik değeri                                                                   |

Bu bölümde, farklı BVZA modellerinin matematiksel yapıları hakkında bilgi verilecektir.

### 3.5.3.1 Despotis-Smirlis modeli

Despotis-Smirlis modeli, bulanık veri zarflama analizi (BVZA) literatüründe önemli bir yere sahip olup, belirsizlik içeren karar problemlerini çözmek için geliştirilmiş özgün bir yaklaşımdır. Bu model, Despotis ve Smirlis (2002) tarafından ortaya konmuştur.

İlgili modelin en önemli özelliklerinden biri, belirsizliklerin modellenmesinde  $\alpha$ -seviyesi yaklaşımlarını kullanmasıdır. Bu yaklaşım, bulanık sayılar için belirli bir keskinlik seviyesi tanımlayarak, her bir belirsizlik durumunda karar birimlerinin etkinlik sınırlarını belirlemeye olanak tanımaktadır. Model, bulanık sayıların farklı kesitlerini değerlendirerek karar birimlerinin performansını daha geniş bir perspektiften ele almakta ve belirsizliklerin etkilerini daha iyi anlamayı sağlamaktadır.

Doğrusal olmayan, girdiye yönelik Despotis-Smirlis modelinin gösterimi şu şekildedir:

- Despotis-Smirlis modelinde amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$E_0 = \max \sum_{r=1}^s u_r [(y_{r0}^L - y_{r0}^U) \mu_{\tilde{y}_{r0}}(y_{r0})] + y_{r0}^U \quad (3.35)$$

- Despotis-Smirlis modelinde kısıtlar aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\sum_{i=1}^m v_i [x_{i0}^L - (x_{i0}^L - x_{i0}^U) \mu_{\tilde{x}_{i0}}(x_{i0})] = 1 \quad (3.36)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r [(y_{rj}^L - y_{rj}^U) \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) + y_{rj}^U] - \sum_{i=1}^m v_i [x_{ij}^L - (x_{ij}^L - x_{ij}^U) \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij})] \leq 0 \quad (3.37)$$

$$j = 1, 2, \dots, n \quad (3.38)$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.39)$$

$$0 \leq \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}), \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}) \leq 1 \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.40)$$

Bu model;  $P_{rj} = u_r \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj})$  ve  $q_{ij} = v_i \mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij})$  tanımlamaları ile doğrusal veri zarflama analizi modeline dönüştürülmektedir. Böylece;

- Despotis-Smirlis modelinde doğrusal amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$E_0 = \max \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}^L + P_{r0} (y_{r0}^U - y_{r0}^L) \quad (3.41)$$

- Despotis-Smirlis modelinde doğrusal kısıtlar aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}^L + q_{i0} (x_{i0}^U - x_{i0}^L) = 1 \quad (3.42)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}^L + P_{rj} (y_{rj}^U - y_{rj}^L) - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}^L + q_{ij} (x_{ij}^U - x_{ij}^L) \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.43)$$

$$P_{rj} - u_r \leq 0 \quad q_{ij} - v_i \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad r = 1, 2, \dots, s \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.44)$$

$$v_i - u_r \geq \varepsilon \quad P_{rj}, q_{ij} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad r = 1, 2, \dots, s \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.45)$$

### 3.5.3.2 Cook-Kress-Seiford modeli

Cook-Kress-Seiford modeli, bulanık veri zarflama analizi (BVZA) literatüründe önemli bir yere sahiptir. Bu model, Cook ve diğ. (1993) tarafından ortaya konmuş ve klasik Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemine bulanık mantık teorisinin başarılı bir

şekilde entegre edilmesinin öncülerinden biri olmuştur. İlgili model Kesin değeri bilinen ve Sıralı verilerden yararlanmaktadır.

Girdiye yönelik matematiksel gösterimi şu şekildedir:

- Cook-Kress-Seiford modelinde amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$E_0 = \max \sum_{r \in K^C} u_r y_{r0} + \sum_{r \in S^C} u_{r0}^l y_{r0}^l \quad (3.46)$$

- Cook-Kress-Seiford modelinde kısıtlar aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\sum_{i \in K^G} v_i x_{i0} + \sum_{i \in S^G} v_{i0}^l x_{i0}^l = 1 \quad (3.47)$$

$$\sum_{r \in K^C} u_r y_{rj} + \sum_{r \in S^C} u_{rj}^l y_{rj}^l - \sum_{i \in K^G} v_i x_{ij} + \sum_{i \in S^G} v_{ij}^l x_{ij}^l \leq 0 \quad (3.48)$$

$j = 1, 2, \dots, n$

- Cook-Kress-Seiford modelinde kullanılan notasyonların açıklamaları aşağıda verilmiştir:
  - “ $K^C$ ”: Kesin verilere ait çıktı kümesi
  - “ $K^G$ ”: Kesin verilere ait girdi kümesi
  - “ $L$ ”: Sıralı verilerin ilişkisindeki küme
  - “ $I$ ”: Sıralı verinin sıra numarası
  - “ $u_{rj}^l$ ”: “ $j$ ” no’lu KVB’nin “ $r$ ” no’lu sıralı çıktısına verilen ağırlık
  - “ $v_{rj}^l$ ”: “ $j$ ” no’lu KVB’nin “ $i$ ” no’lu sıralı çıktısına verilen ağırlık
  - “ $\varepsilon$ ”: Yeterince küçük bir sayı

### 3.5.3.3 Cooper-Park-Yu modeli

Cooper-Park-Yu modeli Cooper ve diğ. (1999) tarafından geliştirilmiştir. En önemli özelliklerinden biri, belirsizliklerin modellenmesinde  $\alpha$ -seviyesi yaklaşımlarını kullanmasıdır. Bu yaklaşım, bulanık sayılar için belirli bir keskinlik seviyesi tanımlayarak, her bir belirsizlik durumunda karar birimlerinin etkinlik sınırlarını belirlemeye olanak tanımaktadır. İki adımda gerçekleştirilmektedir:

1. Adım:

Girdi ve çıktı için sırasıyla;  $\hat{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_j(x_{ij})}$  ve  $\hat{y}_{ij} = \frac{y_{rj}}{\max_j(y_{rj})}$  ölçek dönüşümleri yapılmaktadır. Bunun amacı her sütundaki değerleri netleştirmektir (Her zaman 1'dir). Ölçek dönüşümü yapılmış verilerin gösterimi Çizelge 3.7 ve Çizelge 3.8'de verilmektedir.

**Çizelge 3.7 :** Girdi seti için ölçek dönüşümü yapılmış veriler.

| KVB (j) | Kesin Değerleri<br>Bilinen ( $\hat{x}_{1j}$ ) | Sıralı ( $\hat{x}_{2j}$ )     | Sınırlandırılmış ( $\hat{x}_{3j}$ ) |
|---------|-----------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1       | $\hat{x}_{11}$                                | 1                             | $[\hat{x}_{31}^L, \hat{x}_{31}^U]$  |
| 2       | $\hat{x}_{12}$                                | $\hat{x}_{23} > \hat{x}_{22}$ | $[\hat{x}_{32}^L, \hat{x}_{32}^U]$  |
| 3       | 1                                             | $\hat{x}_{21} > \hat{x}_{23}$ | $[\hat{x}_{33}^L, \hat{x}_{33}^U]$  |
| 4       | $\hat{x}_{14}$                                | $\hat{x}_{22} > \hat{x}_{24}$ | 1                                   |

**Çizelge 3.8 :** Çıktı seti için ölçek dönüşümü yapılmış veriler.

| KVB (j) | Kesin Değerleri<br>Bilinen ( $\hat{y}_{1j}$ ) | Sıralı ( $\hat{y}_{2j}$ )     | Sınırlandırılmış ( $\hat{y}_{3j}$ ) |
|---------|-----------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| 1       | 1                                             | $\hat{y}_{23} > \hat{y}_{21}$ | $[\hat{y}_{31}^L, \hat{y}_{31}^U]$  |
| 2       | $\hat{y}_{12}$                                | $\hat{y}_{21} > \hat{y}_{22}$ | $[\hat{y}_{32}^L, \hat{y}_{32}^U]$  |
| 3       | $\hat{y}_{13}$                                | 1                             | 1                                   |
| 4       | $\hat{y}_{14}$                                | $\hat{y}_{22} > \hat{y}_{24}$ | $[\hat{y}_{34}^L, \hat{y}_{34}^U]$  |

Yapılan dönüşüm sonucunda girdiye yönelik CCR modeli şu şekildedir:

- Cooper-Park-Yu modelinde CCR amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$E_0 = \max \sum_{r=1}^3 u_r \hat{y}_{r0} \quad (3.49)$$

- Cooper-Park-Yu modelinde CCR için kısıtlar aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\sum_{r=1}^3 v_i \hat{x}_{i0} = 1 \quad (3.50)$$

$$\sum_{r=1}^3 u_r \hat{y}_{rj} - \sum_{i=1}^3 v_i \hat{x}_{ij} \leq 0 \quad j = 1, 2, 3, 4 \quad (3.51)$$

$$\hat{y}_{23} = 1 > \hat{y}_{21} > \hat{y}_{22} > \hat{y}_{24} \quad \hat{x}_{21} = 1 > \hat{x}_{23} > \hat{x}_{22} > \hat{x}_{24} \quad (3.52)$$

$$\hat{y}_{31}^L \leq \hat{y}_{31} \leq \hat{y}_{31}^U \quad \hat{x}_{31}^L \leq \hat{x}_{31} \leq \hat{x}_{31}^U \quad (3.53)$$

$$\hat{y}_{32}^L \leq \hat{y}_{32} \leq \hat{y}_{32}^U \quad \hat{x}_{32}^L \leq \hat{x}_{32} \leq \hat{x}_{32}^U \quad (3.54)$$

$$\hat{y}_{34}^L \leq \hat{y}_{34} \leq \hat{y}_{34}^U \quad \hat{x}_{33}^L \leq \hat{x}_{33} \leq \hat{x}_{33}^U \quad (3.55)$$

$$\hat{y}_{33} = 1 \quad \hat{x}_{34} = 1 \quad (3.56)$$

$$v_i - u_r \geq \varepsilon \quad i = 1,2,3 \quad r = 1,2,3 \quad (3.57)$$

2.Adım:

Bu aşamanın öncesindeki VZA modeli doğrusal değildir. Bu aşamada model  $y_{rj} = u_r \hat{y}_{rj}$  ve  $x_{ij} = v_i \hat{x}_{ij}$  alınarak doğrusal VZA modeline dönüştürülmektedir.

1.Adımdaki ölçek dönüşümünde  $\max_j(\hat{x}_{ij})$  ve  $\max_j(\hat{y}_{rj})$  değerinin 1 olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buradan yola çıkarak aşağıdaki formülasyonlar uygulanmaktadır:

$$\max_{r(y_{rj})} = u_r \max_j(\hat{y}_{rj}) \quad \max_j(y_{rj}) = u_r \quad (3.58)$$

$$\max_i(x_{ij}) = v_i \max_j(\hat{x}_{ij}) \quad \max_j(x_{ij}) = v_i \quad (3.59)$$

$$\hat{y}_{rj} = \frac{y_{rj}}{\max_j(y_{rj})} \quad \hat{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max_j(x_{ij})} \quad (3.60)$$

Bunların sonucunda ulaşılan girdiye yönelik doğrusal CCR modeli şu şekildedir:

- Cooper-Park-Yu modelinde girdiye yönelik doğrusal CCR amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$E_0 = \max \sum_{r=1}^3 Y_{r0} \quad (3.61)$$

- Cooper-Park-Yu modelinde girdiye yönelik doğrusal CCR kısıtları aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\sum_{i=1}^3 X_{i0} = 1 \quad (3.62)$$

$$\sum_{r=1}^3 Y_{rj} - \sum_{i=1}^3 X_{ij} \leq 0 \quad j = 1,2,3,4 \quad (3.63)$$

$$Y_{12} > \hat{y}_{12}Y_{11} \quad X_{11} > \hat{x}_{11}X_{13} \quad (3.64)$$

$$Y_{13} > \hat{y}_{13}Y_{11} \quad X_{12} > \hat{x}_{12}X_{13} \quad (3.65)$$

$$Y_{14} > \hat{y}_{14}Y_{11} \quad X_{14} > \hat{x}_{14}X_{13} \quad (3.66)$$

$$Y_{23} > Y_{21} > Y_{22} > Y_{24} \quad X_{21} > X_{23} > X_{22} > X_{24} \quad (3.67)$$

$$Y_{33}\hat{y}_{31}^L \leq Y_{31} \leq Y_{33}\hat{y}_{31}^U \quad X_{34}\hat{x}_{31}^L \leq X_{31} \leq X_{34}\hat{x}_{31}^U \quad (3.68)$$

$$Y_{33}\hat{y}_{32}^L \leq Y_{32} \leq Y_{33}\hat{y}_{32}^U \quad X_{34}\hat{x}_{32}^L \leq X_{32} \leq X_{34}\hat{x}_{32}^U \quad (3.69)$$

$$Y_{33}\hat{y}_{34}^L \leq Y_{34} \leq Y_{33}\hat{y}_{34}^U \quad X_{34}\hat{x}_{33}^L \leq X_{33} \leq X_{34}\hat{x}_{33}^U \quad (3.70)$$

$$Y_{11}, Y_{23}, Y_{33}, Y_{13}, Y_{21}, Y_{34} \geq \varepsilon \quad (3.71)$$

#### 3.5.3.4 Kao-Liu modeli

Kao-Liu modeli, bulanık veri zarflama analizi (BVZA) literatüründe önemli bir yere sahip olup, belirsizlik içeren karar problemlerini çözmek için geliştirilmiş özgün bir yaklaşımdır. Bu model, Kao ve Liu (2000) tarafından ortaya konmuş ve klasik Veri Zarflama Analizi (VZA) yöntemine bulanık mantık teorisinin başarılı bir şekilde entegre edilmesine katkı sağlamıştır. İlgili model kesin değeri bilinen ve sınırlandırılmış problemler için uygulanabilirken  $\alpha$ -kesim metoduna ve genişleme kuralına dayanmaktadır.

$\tilde{X}_{ij}$  girdi ve  $\tilde{y}_{rj}$  çıktı olarak gösterilirken bunlara ait verilerin  $\alpha$ -kesim kümelerinin alt ve üst sınırları sırasıyla şu şekilde gösterilmektedir:

$$(\tilde{X}_{ij})_{\alpha} = [(\tilde{X}_{ij})_{\alpha}^L, (\tilde{X}_{ij})_{\alpha}^U] \quad (\tilde{y}_{rj})_{\alpha} = [(\tilde{y}_{rj})_{\alpha}^L, (\tilde{y}_{rj})_{\alpha}^U] \quad (3.72)$$

Genişleme prensibine göre 0.KVB'nin etkinliğine ait üyelik fonksiyonu şu şekilde gösterilmektedir:

$$\mu_{\tilde{E}_0}(z) = \sup_{x,y} \min \{ \mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}), \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj}), \forall i, j, r | z = E_0(x, y) \} \quad (3.73)$$

0.KVB'nin etkinlik değerinin üyelik fonksiyonunu " $[\mu_{\tilde{E}_0}(z)]$ " oluşturmak için " $\mu_{\tilde{E}_0}(z) = \alpha$ " nın oluşturulması, yani  $\min[\mu_{\tilde{X}_{ij}}(x_{ij}), \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj})] = \alpha$  nın sağlanması

gerekmektedir. Bu sebeple girdi çıktı verilerinin herhangi bir  $\alpha$  kesimindeki verilerinin kullanılması ile elde edilecek etkinlik değeri  $(E_0)_\alpha$  olacaktır.

Herhangi bir  $\alpha$ -kesimindeki etkinlik değerinin alt sınırı şu şekilde ifade edilmektedir:

0.KVB'nin etkinlik değerinin üyelik fonksiyonunu " $[\mu_{\tilde{E}_0}(z)]$ " oluşturmak için " $\mu_{\tilde{E}_0}(z) = \alpha$ " nın oluşturulması, yani  $\min[\mu_{\tilde{x}_{ij}}(x_{ij}), \mu_{\tilde{y}_{rj}}(y_{rj})] = \alpha$  nın sağlanması

gerekmektedir. Bu sebeple girdi çıktı verilerinin herhangi bir  $\alpha$  kesimindeki verilerinin kullanılması ile elde edilecek etkinlik değeri  $(E_0)_\alpha$  olacaktır.

Herhangi bir  $\alpha$ -kesimindeki etkinlik değerinin alt sınırı şu şekilde ifade edilmektedir:

$$(E_0)_\alpha^L = \min_{\substack{(\tilde{x}_{ij})_\alpha^L \leq x_{ij} \leq (\tilde{x}_{ij})_\alpha^U \\ (\tilde{y}_{rj})_\alpha^L \leq y_{rj} \leq (\tilde{y}_{rj})_\alpha^U \forall i,j,r}} \quad (3.74)$$

$$E_0 = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (3.75)$$

$$\text{Kısıtlar; } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (3.76)$$

Herhangi bir  $\alpha$ -kesimindeki etkinlik değerinin üst sınırı şu şekilde ifade edilmektedir:

$$(E_0)_\alpha^U = \max_{\substack{(\tilde{x}_{ij})_\alpha^L \leq x_{ij} \leq (\tilde{x}_{ij})_\alpha^U \\ (\tilde{y}_{rj})_\alpha^L \leq y_{rj} \leq (\tilde{y}_{rj})_\alpha^U \forall i,j,r}} \quad (3.77)$$

$$E_0 = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (3.78)$$

$$\text{Kısıtlar; } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (3.79)$$

Bir KVB'nin herhangi bir  $\alpha$  kesiminde elde edilen etkinlik değerinin alt sınırı, o kesimde çıktı verisinin en düşük değeri ile girdi verisinin en yüksek değeri dikkate alınarak, diğer KVB'lerin çıktı verilerinin en yüksek değerleri ve girdi verilerinin en düşük değerleri üzerinden hesaplanmaktadır. Bunun sonucunda;

- Kao-Liu modelinde alt sınır için amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$(E_0)_\alpha^L = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{r0})_\alpha^L}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{i0})_\alpha^U} \quad (3.80)$$

- Kao-Liu modelinde alt sınır için kısıtlar aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{r0})_\alpha^L}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{i0})_\alpha^U} \leq 1 \quad (3.81)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_{\alpha}^U}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_{\alpha}^L} \leq 1 \quad (3.82)$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon \quad j = 1, 2, \dots, n \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.83)$$

olurken, üst sınır ise şu şekilde olur:

- Kao-Liu modelinde üst sınır için amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$(E_0)_{\alpha}^U = \max \frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{r0})_{\alpha}^U}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{i0})_{\alpha}^L} \quad (3.84)$$

- Kao-Liu modelinde üst sınır için kısıtlar aşağıda ki şekilde gösterilmektedir:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{r0})_{\alpha}^U}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{i0})_{\alpha}^L} \leq 1 \quad (3.85)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r (\tilde{Y}_{rj})_{\alpha}^L}{\sum_{i=1}^m v_i (\tilde{X}_{ij})_{\alpha}^U} \leq 1 \quad (3.86)$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon \quad j = 1, 2, \dots, n \quad r = 1, 2, \dots, s \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.87)$$

Yukarıda detaylı olarak açıklanan “Despotis-Smirlis”, “Cook-Kress-Seiford”, “Cooper-Park-Yu” ve “Kao-Liu” bulanık veri zarflama analizi modelleri, bu kısımda odaklandığımız başlıca modellerdir. Bununla birlikte, literatürde Çizelge 3.6’da özetlendiği gibi farklı BVZA modelleri de yer almaktadır. “Saati-Memariani-Jahanshahloo”, “Saati-Memariani”, “Lertworasirikul”, “Lertworasirikul-Fang-Joines-Nuttle”, “Guo-Tanaka” ve “Leon-Liern-Ruiz-Sirvent” modelleri gibi alternatif yaklaşımlar, BVZA’nın uygulama alanlarını zenginleştirmekte ve yöntemsel çeşitlilik sağlamaktadır. Bu çalışmada odaklanılan dört model, konuya derinlemesine bir bakış sunarken, diğer modellerin özellikleri ve katkıları Çizelge 3.6’da kısaca özetlenmiştir.

#### 4. UYGULAMA

Bu bölümde, Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) yöntemi kullanılarak özel bir hastaneye ait 23 polikliniğin etkinliğinin nasıl değerlendirildiği ayrıntılı biçimde ele alınacaktır. Çalışma kapsamında ilk aşamada, hastanenin farklı verilerinden derlenen 10 girdi ve 21 çıktı değişkeni üzerinde kapsamlı bir veri seti oluşturulmuştur. Sonrasında, korelasyon analizi yoluyla değişkenler arasındaki ilişki ve örtüşmeler tespit edildikten sonra, modelin daha sağlıklı işlemesi amacıyla 4 girdi ve 5 çıktı değişkeniyle uygulamaya devam edilmesine karar verilmiştir.

Veriler, her poliklinik için 11 aylık dönemi kapsayan kayıtların toplamı şeklinde hazırlanmıştır. Özellikle sağlık hizmetlerinde maliyet, gelir, hasta sayısı gibi unsurların ölçümünde meydana gelebilecek belirsizlikleri daha etkili yönetebilmek adına, bulanık mantık yaklaşımı benimsenmiştir. Bu doğrultuda; her bir değişken için 11 aylık standart hataları hesaplanarak, “11 aylık toplam değerden” standart hatalar çıkartılmış ve bu yöntemle alt sınır elde edilmiştir. Bunun ardından; “11 aylık toplam değere” standart hata eklenmiş ve bu yöntemle üst sınır elde edilmiştir. Alt ve üst sınır değerleri için CCR modeli ayrı ayrı çalıştırılarak etkinlik skorları hesaplanmıştır.

Uygulamanın temel amacı, polikliniklerin etkinlik düzeylerini daha esnek ve gerçekçi bir bakış açısıyla ortaya koymaktır. Zira klasik Veri Zarflama Analizi (VZA) sabit girdiler ve çıktılar üzerinden yürütülürken, BVZA yaklaşımı ölçüm hataları, değişkenlik ve belirsizlik gibi faktörleri de hesaba katmayı mümkün kılmaktadır. Böylece karar vericilerin, hastanedeki operasyonel performansa ilişkin daha güvenilir ve daha kapsamlı çıkarımlar yapması hedeflenmektedir.

İlerleyen alt başlıklarda, veri setinin oluşturulmasından bulanık üçgen sayıların tanımlanmasına, CCR modelinin uygulanmasından sonuçların yorumlanmasına kadar tüm aşamalar sistematik bir biçimde açıklanacaktır.

#### **4.1 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı**

Bu çalışmada, özel bir hastanenin 2024 yılı Ocak-Kasım dönemine ait veriler kullanılarak, kurumun polikliniklerinin performans analizinin yapılması amaçlanmıştır. Araştırma kapsamına, hastanenin en aktif olarak kullanılan 23 polikliniği dahil edilmiştir. Her bir poliklinik, farklı uzmanlık alanları ve hasta profilleriyle hastane hizmetlerinin önemli bir parçasını oluşturmaktadır.

Araştırmanın temel amacı, hastane bünyesinde kaynak dağılımının verimli biçimde yapılıp yapılmadığını belirlemek, elde edilen bulgular ışığında performansı düşük birimlerin iyileştirme gereksinimlerini ortaya koymaktır. Böylece, polikliniklerin operasyonel etkinlik düzeylerini tespit ederek, maliyet, zaman ve personel gibi kritik kaynakların daha doğru ve verimli kullanımına yönelik stratejiler geliştirmek hedeflenmektedir. Ayrıca bu çalışma, hastane yönetimine daha bütüncül bir bakış açısı kazandırarak, işletme kaynaklarının en iyi şekilde tahsisini sağlamayı ve hasta memnuniyeti ile kurumsal sürdürülebilirliği artırmayı amaçlamaktadır.

Sağlık hizmetlerinde veri toplama ve işleme süreçlerinin karmaşık ve belirsizlik içermesi özelliği, bu çalışmada Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) yönteminin tercih edilmesini gerekli kılmıştır. Sahadan elde edilen verilerde gerek ölçüm hataları gerekse klinik uygulamalarda karşılaşılabilecek farklılıklar, bulanık mantığın sağladığı esneklik sayesinde daha gerçekçi biçimde modele dahil edilebilmektedir. Böylelikle, her poliklinikte ortaya çıkabilecek dalgalanmalar veya veri toplamada yaşanabilecek eksiklikler göz önünde bulundurularak, daha sağlıklı ve kapsamlı bir etkinlik değerlendirmesi yapılması hedeflenmiştir.

#### **4.2 Karar Verme Birimlerinin Seçilmesi**

Bu çalışmada, hastanenin en aktif olarak hizmet veren ve hasta popülasyonunun büyük çoğunluğuna hizmet sunan 23 farklı poliklinik Karar Verme Birimleri (KVB) olarak belirlenmiştir. Bu poliklinikler; Acil Servis, Beslenme ve Diyetetik, Beyin ve Sinir Cerrahisi, Cildiye, Çocuk Psikiyatri, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları, Diş, Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon, Genel Cerrahi, Göğüs Hastalıkları, Göz Hastalıkları, İç Hastalıkları, Kadın Hastalıkları ve Doğum, Kardiyoloji, Klinik Psikoloji, Kulak Burun Boğaz, Nöroloji, Ortopedi ve Travmatoloji, Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi, Psikiyatri, Tıbbi Onkoloji ve Üroloji

bölmelerini içermektedir. Bu birimlerin seçilme nedeni; hastanede sunulan sağlık hizmetlerinin büyük çoğunluğunu temsil ediyor olmaları ve sahip oldukları hasta verilerinin nicel ve nitel açıdan değerlendirmeye uygun olmasıdır. İlgili KVB'lerin seçiminde hastanenin üst düzey yöneticileri ile bir araya gelinmiş ve uzman görüşü alınarak seçimleri yapılmıştır.

Öte yandan hastanede aktif hizmet veren bazı bölümler, henüz yeni hizmet vermeye başlamaları ya da gerekli veri setlerini oluşturmaya yetecek kadar hasta yoğunluğuna sahip olmamaları gibi sebeplerle çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Örneğin, Çocuk Cerrahisi, Göğüs Cerrahisi, Kalp ve Damar Cerrahisi, Geleneksel ve Tamamlayıcı Tıp, Fonksiyonel Tıp, Klinik Plates, Medikal Estetik ve Serabral Palsi alanlarında hizmet verilmekle birlikte, bazı girdiler ve çıktılar açısından yeterli veri sağlanamadığından bu çalışmaya dahil edilmemişlerdir. Belirlenen 23 polikliniğe ilişkin bilgiler, Çizelge 4.1'de özetlenmektedir. Bu tabloda, her poliklinikle ilgili temel bilgiler sunulmuştur.

**Çizelge 4.1 : Seçilen Karar Verme Birimleri.**

| SEMBOL           | ADI                           | TANIMI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KVB <sub>1</sub> | Acil Servis                   | Hastaların günün her saatinde acil ve hayati öneme sahip başvurularını kabul etmektedir. Cerrahi müdahaleler bu birim üzerinden yapılmaz, ilaç ve tıbbi malzeme kullanımı nispeten yüksektir, laboratuvar ve radyoloji tetkikleri sıkça istenmektedir.                                                                                                    |
| KVB <sub>2</sub> | Beslenme ve Diyetetik         | Bu poliklinik, hastalara sağlıklı beslenme programları oluşturmak ve metabolik hastalıklara karşı savaşmak amacıyla hizmet vermektedir. Tedavi sürecinde cerrahi müdahale gereksinimi yoktur, ilaç ve malzeme giderleri sınırlıdır, Hastalar için laboratuvar tetkikleri sıklıkla istenebilir ancak radyolojik incelemeler daha sınırlı kullanılmaktadır. |
| KVB <sub>3</sub> | Beyin ve Sinir Cerrahisi      | Beyin ve omurilik kaynaklı hastalıkların tanı ve cerrahisini üstlenmektedir. Ameliyat oranı yüksektir; özel ekipmanlar nedeniyle ilaç-malzeme maliyeti yükselebilir. MR, BT gibi radyoloji tetkikleri sıkça kullanılmaktadır.                                                                                                                             |
| KVB <sub>4</sub> | Cildiye                       | Cilt, saç ve tırnak hastalıklarını ele almaktadır. Cerrahi müdahale genellikle küçük doku örneklemeleri ile sınırlıdır. Laboratuvar tetkikleri orta düzeyde önem taşır; radyoloji nadiren istenmektedir.                                                                                                                                                  |
| KVB <sub>5</sub> | Çocuk Psikiyatri              | Çocuk ve ergenlerde davranışsal ve duygusal bozuklukların tedavisini yapmaktadır. Cerrahi müdahale yoktur, ilaç ve malzeme giderleri düşüktür. Laboratuvar ve radyoloji tetkikleri sadece özel durumlarda istenmektedir.                                                                                                                                  |
| KVB <sub>6</sub> | Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları | Yenidoğan ve çocukluk çağı hastalıklarını kapsamaktadır. Ameliyat gerektiren durumlar ilgili cerrahi bransa yönlendirmektedir. Pediatrik ilaç ve malzeme kullanımı söz konusudur, laboratuvar tetkikleri sıklıkla istenir, radyoloji orta düzeyde kullanılmaktadır.                                                                                       |

**Çizelge 4.1 (devam) : Seçilen Karar Verme Birimleri.**

| SEMBOL            | ADI                                             | TANIMI                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KVB <sub>7</sub>  | Diş                                             | Ağız ve diş sağlığıyla ilgilenmektedir. Lokal cerrahi müdahaleler sık görülmektedir, malzeme giderleri yüksektir. Panoramik röntgen gibi radyoloji tetkikleri yaygın, laboratuvar incelemeleri düşüktür.                                                             |
| KVB <sub>8</sub>  | Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji | Bulaşıcı hastalıkların tanı ve tedavisini yürütmektedir. Cerrahi müdahale nadirdir, ancak antibiyotik ve benzeri ilaç kullanım oranı yüksektir. Laboratuvar testleri yüksek, radyoloji duruma bağlı kullanılmaktadır.                                                |
| KVB <sub>9</sub>  | Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon                  | Kas-iskelet ve nörolojik hastalıkların egzersiz, manuel terapi vb. yöntemlerle rehabilitasyonunu sağlamaktadır. Cerrahi müdahale yoktur, ilaç ve malzeme giderleri orta seviyededir. Laboratuvar ve radyoloji tetkikleri durumun takibinde sınırlı kullanılmaktadır. |
| KVB <sub>10</sub> | Genel Cerrahi                                   | Sindirim, karın ve meme gibi birçok bölgede cerrahi işlemleri yürütmektedir. Ameliyat oranı yüksektir, sarf malzemeleri maliyeti fazladır, laboratuvar ve radyoloji tetkikleri yüksektir.                                                                            |
| KVB <sub>11</sub> | Göğüs Hastalıkları                              | Solunum yolu hastalıklarının tanı ve tedavisini üstlenmektedir. Cerrahi müdahaleler Göğüs Cerrahisi'ne devredilmektedir. İlaç kullanımı, laboratuvar ve radyoloji isteği yüksektir.                                                                                  |
| KVB <sub>12</sub> | Göz Hastalıkları                                | Göz rahatsızlıklarını cerrahi ve medikal yöntemlerle tedavi etmektedir. Malzeme giderleri yüksektir, özel göz görüntüleme yöntemleri kullanılmaktadır, klasik laboratuvar testleri az istenmektedir.                                                                 |
| KVB <sub>13</sub> | İç Hastalıkları                                 | Yetişkin hastalıklarının (endokrin, böbrek, kan vb.) geniş kapsamlı tanı ve medikal tedavisini yapmaktadır. Cerrahi müdahaleler ilgili branşlara yönlendirilmektedir. İlaç ve laboratuvar tetkikleri sık kullanılır, radyoloji ise orta düzeyde tercih edilmektedir. |
| KVB <sub>14</sub> | Kadın Hastalıkları ve Doğum                     | Üreme sağlığı, gebelik takibi ve doğum süreçlerinde hizmet vermektedir. Cerrahi müdahaleler (sezaryen, jinekolojik ameliyatlar) yaygındır, malzeme giderleri yüksektir. Ultrason başta olmak üzere laboratuvar tetkikleri sıkça kullanılmaktadır.                    |
| KVB <sub>15</sub> | Kardiyoloji                                     | Kalp-damar hastalıklarının medikal tedavisini üstlenmektedir. Cerrahi müdahaleler Kalp ve Damar Cerrahisi alanına devredilmektedir. İlaç kullanımı, laboratuvar ve kardiyak görüntüleme yoğunudur.                                                                   |
| KVB <sub>16</sub> | Klinik Psikoloji                                | Bireylerin psikolojik ve davranışsal sorunlarına yönelik terapi ve danışmanlık hizmeti vermektedir. Cerrahi veya ilaç tedavisi uygulanmamaktadır; bu konularda Psikiyatri ile iş birliği yapmaktadır. Laboratuvar ve radyoloji tetkikleri kullanılmamaktadır.        |
| KVB <sub>17</sub> | Kulak Burun Boğaz                               | Kulak, burun ve boğaz hastalıkları ile ilgilenmektedir. Cerrahi müdahaleler yüksektir. İlaç ve endoskopik malzeme giderleri vardır; laboratuvar ve radyoloji sıkça istenmektedir.                                                                                    |
| KVB <sub>18</sub> | Nöroloji                                        | Beyin, omurilik ve sinir sistemi hastalıklarının medikal tedavisini yapmaktadır. Cerrahi işlemler Beyin ve Sinir Cerrahisi'ne yönlendirmektedir. İlaç kullanımı yoğunudur, laboratuvar ve radyoloji tetkikleri tanıda sık başvurulan yöntemdir.                      |
| KVB <sub>19</sub> | Ortopedi ve Travmatoloji                        | Kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarının tedavisini yapmaktadır. Ameliyat sıklığı yüksektir, malzeme giderleri de buna paraleldir. Röntgen, MR gibi görüntüleme tetkikleri sıkça kullanılmaktadır.                                                                     |

**Çizelge 4.1 (devam) : Seçilen Karar Verme Birimleri.**

| SEMBOL            | ADI                              | TANIMI                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| KVB <sub>20</sub> | Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi | Estetik ve onarıcı cerrahi işlemler (yanık, yüz rekonstrüksiyonu vb.) gerçekleştirmektedir. Ameliyat sıklığı yüksek, özel cerrahi malzeme giderleri fazladır. Laboratuvar ve özel görüntüleme tetkikleri ameliyat öncesi ve sonrası süreçte kullanılmaktadır. |
| KVB <sub>21</sub> | Psikiyatri                       | Ruhsal hastalıkların medikal tedavisini yönetmektedir. Cerrahi müdahale yoktur, ilaç giderleri düşüktür. Laboratuvar ve radyolojik tetkikler nadiren kullanılmaktadır.                                                                                        |
| KVB <sub>22</sub> | Tıbbi Onkoloji                   | Kanserli hastalara kemoterapi ve benzeri sistemik tedaviler sağlamaktadır. Cerrahi müdahaleler diğer branşlarla birlikte planlanmaktadır. İlaç maliyeti yüksektir, laboratuvar ve radyolojik incelemeler sıklıkla kullanılmaktadır.                           |
| KVB <sub>23</sub> | Üroloji                          | Böbrek ve üreme yollarındaki hastalıkların tanı ve tedavisine odaklanmaktadır. Cerrahi müdahaleler yapılabilmektedir. İlaç-malzeme giderleri görece yüksektir; laboratuvar ve radyoloji sıkça kullanılmaktadır.                                               |

#### 4.3 Veri Kümesinin Oluşturulması ve Değişkenlerin Seçimi

Bu bölümde, tez çalışmasında kullanılan veri setinin nasıl oluşturulduğu, hangi kaynaklardan elde edildiği ve hangi ölçütler doğrultusunda düzenlendiği detaylı biçimde açıklanacaktır. Ardından, analizde kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerinin nasıl belirlendiğine ve bu değişkenlerin veri ön işleme adımlarına ilişkin yöntem ve kriterlere yer verilecektir.

##### 4.3.1 Veri kümesinin oluşturulması

Bu çalışmada kullanılacak veri kümesi, 2024 yılı Ocak-Kasım dönemini kapsayan 11 aylık verilerden oluşmaktadır. Her bir veri noktası, hastanede aktif olarak faaliyet gösteren 23 polikliniğin girdi ve çıktı performans göstergelerini yansıtmaktadır. Bu göstergeler, hastane veri tabanından elde edilmiştir.

Veriler, Microsoft SQL kullanılarak doğrudan hastanenin veri tabanından çekilmiş ve SQL sorguları tarafımızdan hazırlanmıştır. Bu yaklaşım, veri toplama sürecinde ölçüm hatalarını veya eksik gözlemler olup olmadığını kontrol etmemizi sağlamış, olası veri hatalarının önüne geçilmesine katkıda bulunmuştur. Böylece tam olarak ihtiyaç duyulan verilere ulaşılmış ve operasyonel kaynak kullanımını ve sonuçlarını (çıktılarını) yansıtmaları bakımından kapsamlı bir içerik oluşturulmuştur.

Veri kümesi oluşturulmasının ilk aşamasında, ilgili hastanenin üst düzey yöneticileri ile bir araya gelinmiş ve uzman görüşü alınarak operasyonel ve kaynak kullanım düzeylerini yansıttığı düşünülen 10 farklı girdi belirlenmiştir. Bu girdiler, polikliniklerin insan gücü, fiziksel kapasite, maliyet ve zaman unsurlarını ifade edecek şekilde seçilmiştir. Tüm toplanan girdi değişkenleri Çizelge 4.2’de özetlenirken, ilgili veriler Çizelge 4.3’de paylaşılmıştır. Aşağıda, söz konusu girdilerin kısa açıklamaları yer almaktadır:

1. **Yıl Boyu Kullanılan Doktor Sayısı:** İlgili poliklinikte, 11 aylık süre içinde, aktif görev alan hekimlerin toplam sayısını ifade etmektedir.
2. **Çalışılan Toplam Gün Sayısı:** Belirlenen 11 aylık dönemde, doktorların toplam çalıştıkları iş günü sayısı ifade etmektedir. Tatiller, izinler vb. dahil değildir.
3. **Toplam İlaç - Malzeme Maliyeti:** Poliklinik faaliyetleri sırasında kullanılan ilaçların ve tıbbi malzemelerin toplam maliyetini göstermektedir. Polikliniklerin mali yükü ortaya konmaktadır.
4. **Toplam İlaç - Malzeme Harcaması Maliyet Payı:** İlgili poliklinikte ilaca ve malzemeye yapılan harcamanın, tüm poliklinik giderleri içindeki yüzdesel payını ifade etmektedir.
5. **Muayene Odası Sayısı:** İlgili polikliniklerde aktif olarak kullanılan muayene odalarının sayısını ifade etmektedir.
6. **Kullanılabilir Alan (m<sup>2</sup>):** Polikliniklerin hizmet verdiği toplam alanı metrakare cinsinden gösterimini ifade etmektedir.
7. **Genel İşletme Maliyeti Payı (m<sup>2</sup> cinsinden):** Hastanenin genel giderlerinin (İlaç Malzeme ve Dışarıdan Alınan Doktor Hizmetleri hariç), ilgili poliklinik tarafından kullanılan alana göre oranlanmış kısmını göstermektedir.
8. **Hekim Dışı Sağlık Personeli Maliyeti Payı (m<sup>2</sup> cinsinden):** Hastane genelinde görev yapan hemşire, teknisyen vb. sağlık personelinin maliyetinin; kullanılan alan dikkate alınarak hesaplanmış payını ifade etmektedir.

9. **Sağlık Dışı Personel Maliyeti Payı (m<sup>2</sup> cinsinden):** Sekreteryaya, temizlik, yönetim gibi sağlık dışı personelinin maliyetinin kullanılan alan üzerinden orantılanarak hesaplanmış halini ifade etmektedir.

10. **Toplam Randevu Kapasitesi:** Polikliniğin ilgili dönemde kabul edebileceği en büyük hasta randevu sayısıdır. Polikliniklerin potansiyel iş yükünü ve hizmet sunma kapasitesini yansıtmaktadır.

**Çizelge 4.2 : Polikliniklerin Etkinliklerini Ölçmek İçin Kullanılan Aday Girdiler.**

| SEMBOL          | GİRDİ ADI                                                            |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------|
| G <sub>1</sub>  | Yıl Boyu Kullanılan Doktor sayısı                                    |
| G <sub>2</sub>  | Çalışılan toplam gün sayısı                                          |
| G <sub>3</sub>  | Toplam ilaç - malzeme maliyeti                                       |
| G <sub>4</sub>  | Toplam ilaç - malzeme harcaması maliyet payı                         |
| G <sub>5</sub>  | Muayene odası sayısı                                                 |
| G <sub>6</sub>  | Kullanılabilir Alan (m <sup>2</sup> )                                |
| G <sub>7</sub>  | Genel işletme maliyeti payı (m <sup>2</sup> cinsinden)               |
| G <sub>8</sub>  | Hekim dışı sağlık personeli maliyeti payı (m <sup>2</sup> cinsinden) |
| G <sub>9</sub>  | Sağlık Dışı Personel maliyet payı (m <sup>2</sup> cinsinden)         |
| G <sub>10</sub> | Toplam randevu kapasitesi                                            |

**Çizelge 4.3 : Polikliniklerin Aday Girdi Değerleri.**

| KVB               | G <sub>1</sub> | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>4</sub> | G <sub>5</sub> | G <sub>6</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>8</sub> | G <sub>9</sub> | G <sub>10</sub> |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| KVB <sub>1</sub>  | 7              | 1501           | 1792020,19     | 2,49%          | 2              | 57,92          | 276705,78      | 164941,10      | 270568,65      | 58539           |
| KVB <sub>2</sub>  | 2              | 498            | 7,00           | 0,09%          | 2              | 24,25          | 112359,60      | 69057,70       | 113281,94      | 6832            |
| KVB <sub>3</sub>  | 4              | 951            | 6216592,25     | 8,67%          | 3              | 50,54          | 234171,30      | 143924,78      | 236093,57      | 23466           |
| KVB <sub>4</sub>  | 4              | 550            | 953526,04      | 2,15%          | 3              | 68             | 315070,21      | 193646,32      | 317656,56      | 16260           |
| KVB <sub>5</sub>  | 1              | 240            | 0,00           | 0,00%          | 1              | 16             | 74134,17       | 45563,84       | 74742,72       | 2112            |
| KVB <sub>6</sub>  | 5              | 914            | 2301804,62     | 3,18%          | 4              | 67,25          | 311595,17      | 191510,52      | 314153,00      | 28444           |
| KVB <sub>7</sub>  | 5              | 358            | 30745,08       | 0,05%          | 2              | 41             | 189968,80      | 116757,34      | 191528,22      | 5289            |
| KVB <sub>8</sub>  | 1              | 288            | 102793,77      | 0,13%          | 1              | 16             | 74134,17       | 45563,84       | 74742,72       | 8496            |
| KVB <sub>9</sub>  | 2              | 576            | 45581,60       | 0,06%          | 2              | 426,15         | 1974517,18     | 1213564,40     | 1990725,63     | 17088           |
| KVB <sub>10</sub> | 8              | 1806           | 7853449,17     | 10,46%         | 7              | 118,22         | 547758,82      | 336659,82      | 552255,27      | 46498           |
| KVB <sub>11</sub> | 2              | 576            | 599691,32      | 0,81%          | 2              | 33,3           | 154291,73      | 94829,74       | 155558,29      | 17088           |
| KVB <sub>12</sub> | 2              | 418            | 632360,01      | 0,87%          | 1              | 55,22          | 255855,54      | 157252,20      | 257955,81      | 18812           |
| KVB <sub>13</sub> | 6              | 1353           | 2102840,06     | 2,90%          | 6              | 107,95         | 500173,95      | 307413,53      | 504279,79      | 49152           |
| KVB <sub>14</sub> | 9              | 1179           | 4892779,05     | 6,73%          | 4              | 85             | 393837,76      | 242057,90      | 397070,70      | 34476           |
| KVB <sub>15</sub> | 3              | 576            | 27812,33       | 0,05%          | 2              | 34,1           | 157998,44      | 97107,93       | 159295,42      | 11904           |
| KVB <sub>16</sub> | 1              | 288            | 0,00           | 0,02%          | 1              | 11,75          | 54442,28       | 33460,95       | 54889,19       | 2134            |
| KVB <sub>17</sub> | 5              | 1022           | 2683832,52     | 4,27%          | 4              | 81,1           | 375767,55      | 230951,71      | 378852,16      | 29174           |
| KVB <sub>18</sub> | 2              | 576            | 152614,62      | 0,24%          | 2              | 33,3           | 154291,73      | 94829,74       | 155558,29      | 17088           |
| KVB <sub>19</sub> | 10             | 2150           | 34008825,31    | 42,01%         | 10             | 186,87         | 865840,73      | 532157,17      | 872948,26      | 59045           |
| KVB <sub>20</sub> | 1              | 288            | 487226,14      | 0,83%          | 2              | 34,1           | 157998,44      | 97107,93       | 159295,42      | 8544            |
| KVB <sub>21</sub> | 2              | 576            | 1405,00        | 0,00%          | 2              | 36,3           | 168191,89      | 103372,96      | 169572,55      | 8736            |
| KVB <sub>22</sub> | 1              | 288            | 6330846,07     | 5,28%          | 1              | 128,4          | 139464,90      | 365649,82      | 599810,33      | 4272            |
| KVB <sub>23</sub> | 4              | 418            | 610909,96      | 0,94%          | 3              | 50,3           | 233059,28      | 143241,32      | 234972,43      | 11450           |

İkinci aşamada, polikliniklerin performanslarını nicel sonuçlar açısından değerlendirebilmek amacıyla 21 ayrı çıktı değişkeni toplanmıştır. Bu değişkenler, hasta yoğunluğunu, hizmet kullanımını ve finansal çıktıları geniş bir perspektiften yansıtmaktadır. Tüm toplanan çıktı değişkenleri Çizelge 4.4’de sunulurken, ilgili veriler Çizelge 4.5’de gösterilmektedir. Aşağıda, her bir çıktı değişkeninin temel anlamı özetlenmiştir:

1. **Hizmet Alan Tekil Kişi Sayısı:** İlgili polikliniğe gelen “Tekil Kişi Sayısını” ifade etmektedir. Bir kişi ilgili polikliniğe birden fazla kez gelse bile “1” olarak sayılmaktadır.
2. **İşlem Yapılan Hasta Dosyası Sayısı:** İlgili poliklinikle işlem yapılan hasta dosya sayısını ifade etmektedir. Bir hastaya birden fazla dosya açılabilir. Ameliyat, muayene vb. tüm türler dahildir.
3. **Kişi Başına Ortalama Gelir:** İlgili poliklinikten elde edilen kişi başı geliri göstermektedir.
4. **Hastaneye Gelen Tekil Kişi Payı:** Polikliniklere başvurmuş tekil kişilerin, toplam tekil kişiye oranlarını ifade etmektedir. Bir kişi hem A, hem de B polikliniğine başvurabilmektedir. İki poliklinikte de sayılabilir.
5. **Hastanede Açılan Dosya Payı:** İlgili poliklinikte açılan hasta dosyalarının, hastane genelinde açılan dosyalar içindeki payını ifade etmektedir.
6. **Toplam Ciro Payı:** Poliklinik bazında elde edilen gelirlerin, hastanenin toplam cirosu içindeki payını ifade etmektedir.
7. **Ameliyat Olan Tekil Kişi Sayısı:** Poliklinik kaynaklı operasyon geçiren hastaların tekil sayısını ifade etmektedir. Bir kişi birden fazla ameliyat dosyasına sahip olsa bile tek olarak sayılmaktadır.
8. **Ameliyat Dosya Sayısı:** İlgili poliklinikte yapılan ameliyat işlemleri için oluşturulan hasta dosyalarının sayısını ifade etmektedir.
9. **Muayene Olan Tekil Kişi Sayısı:** İlgili poliklinikte muayene hizmeti alan tekil kişi sayısını ifade etmektedir. Bir hasta ilgili polikliniğe birden fazla başvuru yapsa bile “1” olarak sayılmaktadır.

10. **Uygulama Yapılan Tekil Kişi Sayısı:** Hastalıklara yönelik enjeksiyon, pansuman, küçük cerrahi müdahale vb. işlemleri kapsayan tekil hasta sayısıdır.
11. **Uygulama İçeren Dosya Sayısı:** İlgili poliklinikle uygulama içeren toplam dosya sayısını ifade etmektedir.
12. **Yatış Yapılan Tekil Kişi Sayısı:** Poliklinik üzerinden hastaneye yatırılan tekil hasta sayısını göstermektedir.
13. **Yatış Olan Dosya Sayısı:** Hastaneye yatırılan hastalar için açılan dosya sayısıdır. Tekil kişilerin birden fazla kez yatmış olma durumu bu değişkende görünmektedir.
14. **Yatış Yapılan Gün Sayısı:** Yatan hastaların toplam yatış sürelerini göstermektedir.
15. **Laboratuvar Tetkik İsteği Yapılan Tekil Kişi Sayısı:** Poliklinik hekimlerinin laboratuvar testleri için yönlendirdiği tekil hasta sayısını ifade etmektedir.
16. **Laboratuvar Tetkik İsteği Yapılan Dosya Sayısı:** Aynı tekil kişinin birden fazla tetkik isteği oluşturması halinde açılan tüm dosyaların toplam sayısını ifade etmektedir.
17. **Yapılan Laboratuvar Tetkik Sayısı:** Gerçekleştirilen tüm laboratuvar testlerinin toplam adedini ifade etmektedir.
18. **Radyoloji Çekim İsteği Yapılan Tekil Kişi Sayısı:** Polikliniğin röntgen, MR, BT gibi radyolojik tetkikler için sevk ettiği tekil hasta sayısını ifade etmektedir.
19. **Radyoloji Çekim İsteği Yapılan Dosya Sayısı:** Tekil hasta başına birden çok talep olması durumunda açılan dosyaları ifade etmektedir.
20. **Yapılan Radyolojik Çekim Sayısı:** Gerçekleştirilen tüm radyolojik çekimlerin toplam adedini ifade etmektedir.
21. **Hasta Şikayet Sayısı:** Birimler için gelen şikayet sayılarını ifade etmektedir.

Bu kapsamlı girdi ve çıktı değişkenleri, **korelasyon analizi** ve **modelleme** aşamalarında önemli bir referans noktası oluşturmaktadır.

**Çizelge 4.4 : Polikliniklerin Etkinlik Ölçümünde Kullanılan Aday Çıktılar.**

| SEMBOL          | ÇIKTI ADI                                           |
|-----------------|-----------------------------------------------------|
| C <sub>1</sub>  | Hizmet alan tekil kişi sayısı                       |
| C <sub>2</sub>  | İşlem yapılan hasta dosyası sayısı                  |
| C <sub>3</sub>  | Kişi başına ortalama gelir                          |
| C <sub>4</sub>  | Hastaneye Gelen Tekil Kişi Payı                     |
| C <sub>5</sub>  | Hastanede Açılan Dosya Payı                         |
| C <sub>6</sub>  | Toplam Ciro Payı                                    |
| C <sub>7</sub>  | Ameliyat olan tekil kişi sayısı                     |
| C <sub>8</sub>  | Ameliyat dosya sayısı                               |
| C <sub>9</sub>  | Muayene olan tekil kişi sayısı                      |
| C <sub>10</sub> | Uygulama yapılan tekil kişi sayısı                  |
| C <sub>11</sub> | Uygulama içeren dosya sayısı                        |
| C <sub>12</sub> | Yatış Yapılan tekil kişi sayısı                     |
| C <sub>13</sub> | Yatış Olan dosya sayısı                             |
| C <sub>14</sub> | Yatış yapılan gün sayısı                            |
| C <sub>15</sub> | Laboratuvar tetkik isteği yapılan tekil kişi sayısı |
| C <sub>16</sub> | Laboratuvar tetkik isteği yapılan dosya sayısı      |
| C <sub>17</sub> | Yapılan Laboratuvar tetkik sayısı                   |
| C <sub>18</sub> | Radyoloji çekim isteği yapılan tekil kişi sayısı    |
| C <sub>19</sub> | Radyoloji çekim isteği yapılan dosya sayısı         |
| C <sub>20</sub> | Yapılan Radyoloji çekim sayısı                      |
| C <sub>21</sub> | Hasta Şikayet Sayısı                                |

**Çizelge 4.5 : Polikliniklerin Aday Çıktı Değerleri.**

| KVB               | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>4</sub> | C <sub>5</sub> | C <sub>6</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>8</sub> | C <sub>9</sub> | C <sub>10</sub> | C <sub>11</sub> | C <sub>12</sub> | C <sub>13</sub> | C <sub>14</sub> | C <sub>15</sub> | C <sub>16</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>18</sub> | C <sub>19</sub> | C <sub>20</sub> | C <sub>21</sub> |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KVB <sub>1</sub>  | 29.194         | 43.565         | 422,05         | 34,28%         | 22,84%         | 3,50%          | 196            | 198            | 19.413         | 23.674          | 34.100          | -               | -               | -               | 4.245           | 4.590           | 27.021          | 4.101           | 4.332           | 6.745           | 68              |
| KVB <sub>2</sub>  | 769            | 1.459          | 552,33         | 0,90%          | 0,76%          | 0,15%          | -              | -              | 769            | 33              | 34              | -               | -               | -               | 36              | 37              | 316             | -               | -               | -               | -               |
| KVB <sub>3</sub>  | 2.987          | 4.205          | 9609,09        | 3,52%          | 2,21%          | 7,69%          | 561            | 587            | 2.748          | 2.195           | 2.982           | 591             | 531             | 1.409           | 610             | 771             | 8.575           | 2.129           | 2.460           | 3.871           | 7               |
| KVB <sub>4</sub>  | 9.238          | 13.394         | 1206,80        | 10,87%         | 7,03%          | 3,08%          | 294            | 303            | 9.200          | 6.643           | 9.443           | 192             | 197             | 197             | 2.008           | 2.583           | 23.251          | 232             | 236             | 274             | 23              |
| KVB <sub>5</sub>  | 230            | 535            | 1837,19        | 0,50%          | 0,58%          | 0,19%          | -              | -              | 230            | 213             | 479             | -               | -               | -               | 5               | 5               | 51              | -               | -               | -               | -               |
| KVB <sub>6</sub>  | 8.590          | 76.874         | 839,17         | 10,09%         | 8,85%          | 2,69%          | -              | -              | 7.778          | 7.026           | 13.443          | 1.166           | 1.212           | 1.660           | 4.107           | 5.185           | 20.617          | 1.000           | 1.082           | 1.161           | 29              |
| KVB <sub>7</sub>  | 637            | 739            | 2426,93        | 0,75%          | 0,39%          | 0,34%          | 19             | 19             | 611            | 239             | 263             | 30              | 30              | 30              | 57              | 58              | 234             | 287             | 289             | 308             | 1               |
| KVB <sub>8</sub>  | 1.440          | 1.818          | 689,52         | 1,69%          | 0,95%          | 0,24%          | -              | -              | 1.340          | 482             | 518             | 14              | 14              | 82              | 501             | 546             | 2.147           | 170             | 177             | 215             | -               |
| KVB <sub>9</sub>  | 3.842          | 6.414          | 2326,23        | 4,51%          | 3,36%          | 2,84%          | -              | -              | 3.812          | 3.130           | 4.858           | 6               | 6               | 72              | 91              | 92              | 456             | 1.729           | 1.811           | 2.247           | 10              |
| KVB <sub>10</sub> | 5.028          | 8.272          | 5937,05        | 5,90%          | 4,34%          | 9,34%          | 1.520          | 1.635          | 4.753          | 3.596           | 5.116           | 1.826           | 2.078           | 3.153           | 1.541           | 1.935           | 21.011          | 2.583           | 2.853           | 4.589           | 10              |
| KVB <sub>11</sub> | 3.997          | 5.465          | 1517,56        | 4,69%          | 2,86%          | 1,58%          | 21             | 22             | 3.910          | 2.969           | 3.777           | 504             | 633             | 1.264           | 2.628           | 2.975           | 15.752          | 2.914           | 3.284           | 5.103           | 10              |
| KVB <sub>12</sub> | 7.792          | 8.818          | 1032,49        | 9,15%          | 4,62%          | 1,73%          | 103            | 210            | 7.689          | 4.370           | 4.663           | 95              | 202             | 202             | 208             | 208             | 2.872           | 201             | 201             | 204             | 7               |
| KVB <sub>13</sub> | 16.048         | 22.167         | 1056,47        | 18,84%         | 11,62%         | 4,46%          | -              | -              | 16.010         | 12.285          | 16.217          | 361             | 435             | 1.125           | 9.609           | 12.137          | 144.367         | 3.034           | 3.190           | 4.729           | 48              |

**Çizelge 4.5 (devam) : Polikliniklerin Aday Çıktı Değerleri.**

| KVB               | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>4</sub> | C <sub>5</sub> | C <sub>6</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>8</sub> | C <sub>9</sub> | C <sub>10</sub> | C <sub>11</sub> | C <sub>12</sub> | C <sub>13</sub> | C <sub>14</sub> | C <sub>15</sub> | C <sub>16</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>18</sub> | C <sub>19</sub> | C <sub>20</sub> | C <sub>21</sub> |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| KVB <sub>14</sub> | 8.778          | 15.832         | 3645,88        | 10,31%         | 8,30%          | 10,98%         | 2.029          | 2.053          | 7.273          | 6.201           | 11.023          | 2.090           | 2.155           | 2.608           | 4.422           | 6.096           | 31.726          | 751             | 777             | 848             | 52              |
| KVB <sub>15</sub> | 5.210          | 6.088          | 1136,97        | 6,12%          | 3,19%          | 1,32%          | -              | -              | 5.047          | 3.602           | 3.906           | 15              | 15              | 26              | 1.762           | 1.879           | 18.091          | 525             | 530             | 594             | 3               |
| KVB <sub>16</sub> | 169            | 378            | 1398,61        | 0,20%          | 0,20%          | 0,10%          | -              | -              | 169            | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               | -               |
| KVB <sub>17</sub> | 14.583         | 18.515         | 2238,16        | 17,12%         | 9,71%          | 7,88%          | 914            | 924            | 13.276         | 11.135          | 13.565          | 911             | 932             | 947             | 1.370           | 1.483           | 7.658           | 2.246           | 2.316           | 2.469           | 9               |
| KVB <sub>18</sub> | 3.839          | 4.928          | 1529,83        | 4,51%          | 2,58%          | 1,43%          | -              | -              | 3.576          | 2.686           | 3.105           | 96              | 100             | 240             | 2.493           | 2.804           | 25.809          | 2.447           | 2.564           | 5.161           | 6               |
| KVB <sub>19</sub> | 12.076         | 19.287         | 4312,56        | 14,18%         | 10,11%         | 15,83%         | 1.364          | 1.636          | 11.957         | 8.052           | 11.722          | 1.384           | 1.702           | 3.707           | 1.322           | 2.176           | 21.771          | 8.894           | 12.498          | 20.083          | 36              |
| KVB <sub>20</sub> | 984            | 1.564          | 3636,63        | 1,16%          | 0,82%          | 1,08%          | 316            | 352            | 898            | 745             | 1.083           | 307             | 343             | 557             | 130             | 174             | 1.226           | 120             | 131             | 163             | 3               |
| KVB <sub>21</sub> | 1.833          | 2.861          | 1814,32        | 2,16%          | 1,50%          | 0,99%          | -              | -              | 1.833          | 982             | 1.613           | -               | -               | -               | 17              | 21              | 37              | 9               | 9               | 9               | 2               |
| KVB <sub>22</sub> | 189            | 997            | 5028,86        | 0,22%          | 0,52%          | 0,95%          | -              | -              | 189            | 95              | 518             | 70              | 418             | 545             | 124             | 409             | 6.898           | 94              | 140             | 277             | -               |
| KVB <sub>23</sub> | 2.688          | 3.443          | 1707,81        | 3,16%          | 1,80%          | 1,12%          | 219            | 245            | 2.656          | 1.786           | 2.094           | 230             | 266             | 332             | 1.493           | 1.635           | 5.754           | 1.348           | 1.440           | 1.685           | 6               |

#### 4.3.2 Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçilmesi

Çalışmanın bu bölümünde girdi ve çıktı değişkenlerinin seçilmesi için yapılan korelasyon analizi verilerine yer verilecektir.

Çalışmada öncelikli olarak polikliniklerin performansını net bir şekilde gösterecek 10 girdi ve 21 çıktı değişkeni tanımlanmış; ardından bu değişkenler arasındaki ilişkileri daha yakından inceleyebilmek amacıyla korelasyon analizi uygulanmıştır. Girdiler arasında yapılan korelasyon analizi sonucu Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Analiz sonucunda, birbirine güçlü şekilde korele olan değişkenlerin aynı anda modele girmesi, modelin tahmin gücünü etkileyeceği ve aşırı parametre sorunlarına yol açabileceği için dört girdi değişkeninin seçilmesine karar verilmiştir. Bu doğrultuda:

- Çalışılan toplam gün sayısı
- Toplam ilaç - malzeme maliyeti
- Genel işletme maliyeti payı (m<sup>2</sup> cinsinden)
- Toplam randevu kapasitesi

girdileriyle analiz yapılması uygun bulunmuştur.

Benzer şekilde, 21 çıktı değişkeni için de korelasyon analizi yapılmıştır. Yapılan korelasyon analizinin sonuçları Çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda seçilen çıktı değişkenleri şunlardır:

- Hizmet alan tekil kişi sayısı
- Kişi başına ortalama gelir
- Ameliyat olan tekil kişi sayısı
- Yapılan Laboratuvar tetkik sayısı
- Hasta Şikayet Sayısı

Girdi ve çıktıların azaltılması ile hem analizdeki çoklu doğrusal ilişkiyi kontrol altında tutmak, hem de modelin hesaplanabilirliğini ve yorumlanabilirliğini artırmak hedeflenmiştir.

Bu aşamadan sonra, tez uygulamasının temel analizleri dört girdi ve beş çıktı değişkeni üzerinden yürütülecek; Bulanık Veri Zarflama Analizi yönteminin kurulumu ve sonuçlarının değerlendirilmesi bu değişkenler çerçevesinde gerçekleştirilecektir.

**Çizelge 4.6 : Aday Girdilerin Korelasyon Analizi Sonuçları.**

|          | $G_1$  | $G_2$  | $G_3$  | $G_4$  | $G_5$  | $G_6$  | $G_7$  | $G_8$  | $G_9$  | $G_{10}$ |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| $G_1$    | 1,0000 |        |        |        |        |        |        |        |        |          |
| $G_2$    | 0,9170 | 1,0000 |        |        |        |        |        |        |        |          |
| $G_3$    | 0,6580 | 0,7080 | 1,0000 |        |        |        |        |        |        |          |
| $G_4$    | 0,6580 | 0,7080 | 1,0000 | 1,0000 |        |        |        |        |        |          |
| $G_5$    | 0,8290 | 0,8910 | 0,8230 | 0,8230 | 1,0000 |        |        |        |        |          |
| $G_6$    | 0,2140 | 0,2940 | 0,3000 | 0,3000 | 0,3130 | 1,0000 |        |        |        |          |
| $G_7$    | 0,2140 | 0,2940 | 0,3000 | 0,3000 | 0,3130 | 1,0000 | 1,0000 |        |        |          |
| $G_8$    | 0,2140 | 0,2940 | 0,3000 | 0,3000 | 0,3130 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |        |          |
| $G_9$    | 0,2140 | 0,2940 | 0,3000 | 0,3000 | 0,3130 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |          |
| $G_{10}$ | 0,7710 | 0,8630 | 0,5510 | 0,5510 | 0,8470 | 0,3540 | 0,3540 | 0,3540 | 0,3540 | 1,0000   |

**Çizelge 4.7 : Aday Çıktıların Korelasyon Analizi Sonuçları.**

|                 | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>4</sub> | C <sub>5</sub> | C <sub>6</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>8</sub> | C <sub>9</sub> | C <sub>10</sub> | C <sub>11</sub> | C <sub>12</sub> | C <sub>13</sub> | C <sub>14</sub> | C <sub>15</sub> | C <sub>16</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>18</sub> | C <sub>19</sub> | C <sub>20</sub> | C <sub>21</sub> |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| C <sub>1</sub>  | 1,0000         |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>2</sub>  | 0,6345         | 1,0000         |                |                |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>3</sub>  | -0,2066        | -0,2220        | 1,0000         |                |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>4</sub>  | 1,0000         | 0,6344         | -0,2071        | 1,0000         |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>5</sub>  | 0,9882         | 0,7051         | -0,1817        | 0,9883         | 1,0000         |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>6</sub>  | 0,4225         | 0,2381         | 0,5266         | 0,4219         | 0,4565         | 1,0000         |                |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>7</sub>  | 0,2443         | 0,0780         | 0,4995         | 0,2438         | 0,2866         | 0,8795         | 1,0000         |                |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>8</sub>  | 0,2463         | 0,0770         | 0,5033         | 0,2458         | 0,2874         | 0,8987         | 0,9965         | 1,0000         |                |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>9</sub>  | 0,9728         | 0,6247         | -0,1942        | 0,9726         | 0,9527         | 0,4974         | 0,2806         | 0,2885         | 1,0000         |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>10</sub> | 0,9957         | 0,6513         | -0,2045        | 0,9958         | 0,9884         | 0,3849         | 0,2116         | 0,2094         | 0,9563         | 1,0000          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>11</sub> | 0,9806         | 0,7240         | -0,1913        | 0,9807         | 0,9951         | 0,3988         | 0,2374         | 0,2329         | 0,9323         | 0,9893          | 1,0000          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>12</sub> | 0,2222         | 0,3573         | 0,4327         | 0,2215         | 0,2928         | 0,8248         | 0,8981         | 0,8937         | 0,2851         | 0,2005          | 0,2562          | 1,0000          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>13</sub> | 0,2106         | 0,3323         | 0,4491         | 0,2098         | 0,2803         | 0,8306         | 0,8884         | 0,8907         | 0,2778         | 0,1859          | 0,2389          | 0,9898          | 1,0000          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>14</sub> | 0,2136         | 0,2899         | 0,5257         | 0,2128         | 0,2781         | 0,8871         | 0,8230         | 0,8444         | 0,2975         | 0,1840          | 0,2269          | 0,9218          | 0,9471          | 1,0000          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>15</sub> | 0,6397         | 0,5500         | -0,2091        | 0,6394         | 0,6510         | 0,2601         | 0,1357         | 0,1178         | 0,6976         | 0,6437          | 0,6531          | 0,3091          | 0,2893          | 0,2928          | 1,0000          |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>16</sub> | 0,6109         | 0,5406         | -0,1707        | 0,6105         | 0,6288         | 0,3060         | 0,1834         | 0,1669         | 0,6796         | 0,6112          | 0,6262          | 0,3571          | 0,3403          | 0,3452          | 0,9954          | 1,0000          |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>17</sub> | 0,4983         | 0,3027         | -0,1103        | 0,4980         | 0,4830         | 0,2422         | 0,0680         | 0,0630         | 0,5997         | 0,4913          | 0,4709          | 0,1841          | 0,1869          | 0,2547          | 0,9196          | 0,9271          | 1,0000          |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>18</sub> | 0,5552         | 0,2915         | 0,2136         | 0,5547         | 0,5664         | 0,7293         | 0,4185         | 0,4641         | 0,5973         | 0,5321          | 0,5193          | 0,4101          | 0,4487          | 0,6441          | 0,3297          | 0,3357          | 0,3227          | 1,0000          |                 |                 |                 |
| C <sub>19</sub> | 0,4822         | 0,2526         | 0,2309         | 0,4817         | 0,4987         | 0,7403         | 0,4297         | 0,4813         | 0,5327         | 0,4531          | 0,4450          | 0,4121          | 0,4569          | 0,6626          | 0,2523          | 0,2673          | 0,2635          | 0,9901          | 1,0000          |                 |                 |
| C <sub>20</sub> | 0,4493         | 0,2197         | 0,2374         | 0,4489         | 0,4668         | 0,7170         | 0,4102         | 0,4634         | 0,4956         | 0,4198          | 0,4122          | 0,3878          | 0,4356          | 0,6501          | 0,2348          | 0,2497          | 0,2557          | 0,9834          | 0,9956          | 1,0000          |                 |
| C <sub>21</sub> | 0,8606         | 0,6496         | -0,1030        | 0,8606         | 0,9076         | 0,5150         | 0,3990         | 0,3933         | 0,8388         | 0,8584          | 0,8987          | 0,4240          | 0,4073          | 0,4063          | 0,7660          | 0,7696          | 0,6014          | 0,5285          | 0,4761          | 0,4537          | 1,0000          |

#### 4.3.3 Verilerin düzenlenmesi

Bu aşamada, belirlediğimiz 4 girdi ve 5 çıktı verisi üzerinde yapılan düzenleme çalışmalarından bahsedilmiştir. Daha önce 11 aylık döneme ilişkin verileri çıkarılan girdi ve çıktı değerleri için, bu kez aylık bazda verileri çıkarılarak analiz edilmiştir. Böylece, seçili girdi ve çıktılardaki aylık dalgalanmalar ve standart hata düzeyleri net biçimde gözlemlenebilmiştir.

Karabacak ve Kutlu (2024) Bulanık VZA analizinde verilerin bulanık sayıya dönüştürülmesinde simetrik üçgen üyelik fonksiyonunu uygulamış; bu yöntemde, merkezi değerden standart hata eklenip çıkarılarak sırasıyla alt ve üst sınırlar elde edilmiştir. Bu yaklaşım, verilerin belirsizlik düzeyini yansıtarak daha güvenilir ve esnek bir verimlilik ölçümü sağlamaktadır.

Güneş (2006) kullanılan değişkenlerin aralıklı verilere dönüştürülebilmesi için her bir veri noktasına, mevcut değer yanına ilgili standart hatayı ekleyip çıkararak üst ve alt sınır verilerini elde etmiştir. Bu yaklaşımda, üçgensel üyelik fonksiyonu kullanılarak veriler bulanık sayılara dönüştürülmüş; yani, merkezi değer üzerinden standart hata uygulanarak sırasıyla alt ve üst sınırlar belirlenmiştir.

Verilerin standart hata değerlerinin hesaplanması, bulanık üçgen sayılarını tanımlarken dikkate alacağımız belirsizlik aralığının belirlenmesi için kritik bir adımdır. Standart hata, ilgili değişkenin örneklem standart sapması ve örneklem büyüklüğünün karekökü kullanılarak şu şekilde formüle edilir:

$$\text{Standart Hata} = \frac{\text{Standart Sapma}}{\sqrt{\text{Örneklem Sayısı}}} \quad (4.1)$$

Çalışmanın bu bölümünde, her bir poliklinik için aylık bazda toplanan veriler üzerinden ayrı ayrı ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Ardından, toplam 11 aylık gözlem sayısına (n=11) bağlı olarak standart hata değeri bulunmuştur. Girdiler için aylık bazda, hesaplanan standart hata verileri Çizelge 4.8’de, çıktılar için aylık bazda hesaplanan standart hata verileri ise Çizelge 4.9’da gösterilmiştir.

Elde edilen standart hata, sonraki bölümde ele alınacak olan üst sınır ve alt sınır değerlerinin belirlenmesinde temel girdi olarak kullanılacaktır. Böylece, söz konusu değişkenlerin muhtemel ölçüm hataları veya aylık dalgalanmaları daha gerçekçi biçimde modele dahil edilebilecektir.

Bir sonraki başlıkta, standart hata hesapları ile elde edilen belirsizlik aralığının bulanık üçgen sayılarına uyarlanması ve her bir girdi-çıkıtı için alt ve üst sınır değerlerinin tanımlanması ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.



**Çizelge 4.8 : Kesin Girdiler İçin Hesaplanan Standart Hata Değerleri.**

| Çalışılan toplam gün sayısı – G <sub>2</sub> |              |                |                     |               | Toplam İlaç Malzeme Maliyeti – G <sub>3</sub> |              |                |                     |               |
|----------------------------------------------|--------------|----------------|---------------------|---------------|-----------------------------------------------|--------------|----------------|---------------------|---------------|
| KVB                                          | Genel Toplam | Standart Sapma | Veri Sayısının Kökü | Standart Hata | KVB                                           | Genel Toplam | Standart Sapma | Veri Sayısının Kökü | Standart Hata |
| KVB <sub>1</sub>                             | 1501,00      | 20,02          | 3,32                | 6,03          | KVB <sub>1</sub>                              | 1792020,19   | 30648,85       | 3,32                | 9240,98       |
| KVB <sub>2</sub>                             | 498,00       | 11,89          | 3,32                | 3,59          | KVB <sub>2</sub>                              | 7,00         | 2,01           | 3,32                | 0,61          |
| KVB <sub>3</sub>                             | 951,00       | 10,41          | 3,32                | 3,14          | KVB <sub>3</sub>                              | 6216592,25   | 210262,31      | 3,32                | 63396,47      |
| KVB <sub>4</sub>                             | 550,00       | 7,77           | 3,32                | 2,34          | KVB <sub>4</sub>                              | 953526,04    | 25356,47       | 3,32                | 7645,26       |
| KVB <sub>5</sub>                             | 240,00       | 0,94           | 3,32                | 0,28          | KVB <sub>5</sub>                              | 0,00         | 0,00           | 3,32                | 0,00          |
| KVB <sub>6</sub>                             | 914,00       | 30,76          | 3,32                | 9,27          | KVB <sub>6</sub>                              | 2301804,62   | 26791,25       | 3,32                | 8077,87       |
| KVB <sub>7</sub>                             | 358,00       | 10,88          | 3,32                | 3,28          | KVB <sub>7</sub>                              | 30745,08     | 1641,40        | 3,32                | 494,90        |
| KVB <sub>8</sub>                             | 288,00       | 0,83           | 3,32                | 0,25          | KVB <sub>8</sub>                              | 102793,77    | 8105,98        | 3,32                | 2444,05       |
| KVB <sub>9</sub>                             | 576,00       | 1,67           | 3,32                | 0,50          | KVB <sub>9</sub>                              | 45581,60     | 4771,78        | 3,32                | 1438,75       |
| KVB <sub>10</sub>                            | 1806,00      | 21,13          | 3,32                | 6,37          | KVB <sub>10</sub>                             | 7853449,17   | 176704,15      | 3,32                | 53278,31      |
| KVB <sub>11</sub>                            | 576,00       | 1,67           | 3,32                | 0,50          | KVB <sub>11</sub>                             | 599691,32    | 45499,94       | 3,32                | 13718,75      |
| KVB <sub>12</sub>                            | 418,00       | 12,85          | 3,32                | 3,87          | KVB <sub>12</sub>                             | 632360,01    | 52384,44       | 3,32                | 15794,50      |
| KVB <sub>13</sub>                            | 1353,00      | 13,48          | 3,32                | 4,06          | KVB <sub>13</sub>                             | 2102840,06   | 56183,25       | 3,32                | 16939,89      |
| KVB <sub>14</sub>                            | 1179,00      | 21,59          | 3,32                | 6,51          | KVB <sub>14</sub>                             | 4892779,05   | 44947,25       | 3,32                | 13552,11      |
| KVB <sub>15</sub>                            | 576,00       | 1,67           | 3,32                | 0,50          | KVB <sub>15</sub>                             | 27812,33     | 1049,03        | 3,32                | 316,30        |
| KVB <sub>16</sub>                            | 288,00       | 0,83           | 3,32                | 0,25          | KVB <sub>16</sub>                             | 0,00         | 0,00           | 3,32                | 0,00          |
| KVB <sub>17</sub>                            | 1022,00      | 17,78          | 3,32                | 5,36          | KVB <sub>17</sub>                             | 2683832,52   | 47418,67       | 3,32                | 14297,27      |
| KVB <sub>18</sub>                            | 576,00       | 1,67           | 3,32                | 0,50          | KVB <sub>18</sub>                             | 152614,62    | 10465,22       | 3,32                | 3155,38       |
| KVB <sub>19</sub>                            | 2150,00      | 20,92          | 3,32                | 6,31          | KVB <sub>19</sub>                             | 34008825,31  | 739728,50      | 3,32                | 223036,53     |
| KVB <sub>20</sub>                            | 288,00       | 0,83           | 3,32                | 0,25          | KVB <sub>20</sub>                             | 487226,14    | 11517,57       | 3,32                | 3472,68       |
| KVB <sub>21</sub>                            | 576,00       | 1,67           | 3,32                | 0,50          | KVB <sub>21</sub>                             | 1405,00      | 117,75         | 3,32                | 35,50         |
| KVB <sub>22</sub>                            | 288,00       | 0,83           | 3,32                | 0,25          | KVB <sub>22</sub>                             | 6330846,07   | 639955,49      | 3,32                | 192953,84     |
| KVB <sub>23</sub>                            | 418,00       | 20,28          | 3,32                | 6,11          | KVB <sub>23</sub>                             | 610909,96    | 36110,35       | 3,32                | 10887,68      |

**Çizelge 4.8 (devam) : Kesin Girdiler İçin Hesaplanan Standart Hata Değerleri.**

| Genel işletme maliyeti payı (m2 cinsinden) - G <sub>7</sub> |              |                |                     |               | Toplam randevu kapasitesi - G <sub>10</sub> |              |                |                     |               |
|-------------------------------------------------------------|--------------|----------------|---------------------|---------------|---------------------------------------------|--------------|----------------|---------------------|---------------|
| KVB                                                         | Genel Toplam | Standart Sapma | Veri Sayısının Kökü | Standart Hata | KVB                                         | Genel Toplam | Standart Sapma | Veri Sayısının Kökü | Standart Hata |
| KVB <sub>1</sub>                                            | 276705,78    | 4299,95        | 3,32                | 1296,48       | KVB <sub>1</sub>                            | 58.539,00    | 780,60         | 3,32                | 235,36        |
| KVB <sub>2</sub>                                            | 112359,60    | 1746,04        | 3,32                | 526,45        | KVB <sub>2</sub>                            | 6.832,00     | 159,02         | 3,32                | 47,95         |
| KVB <sub>3</sub>                                            | 234171,30    | 3638,97        | 3,32                | 1097,19       | KVB <sub>3</sub>                            | 23.466,00    | 93,02          | 3,32                | 28,05         |
| KVB <sub>4</sub>                                            | 315070,21    | 4896,13        | 3,32                | 1476,24       | KVB <sub>4</sub>                            | 16.260,00    | 233,42         | 3,32                | 70,38         |
| KVB <sub>5</sub>                                            | 74134,17     | 1152,03        | 3,32                | 347,35        | KVB <sub>5</sub>                            | 2.112,00     | 8,37           | 3,32                | 2,52          |
| KVB <sub>6</sub>                                            | 311595,17    | 4842,12        | 3,32                | 1459,96       | KVB <sub>6</sub>                            | 28.444,00    | 753,07         | 3,32                | 227,06        |
| KVB <sub>7</sub>                                            | 189968,80    | 2952,08        | 3,32                | 890,08        | KVB <sub>7</sub>                            | 5.289,00     | 157,21         | 3,32                | 47,40         |
| KVB <sub>8</sub>                                            | 74134,17     | 1152,03        | 3,32                | 347,35        | KVB <sub>8</sub>                            | 8.496,00     | 26,88          | 3,32                | 8,11          |
| KVB <sub>9</sub>                                            | 1974517,18   | 30683,59       | 3,32                | 9251,45       | KVB <sub>9</sub>                            | 17.088,00    | 57,11          | 3,32                | 17,22         |
| KVB <sub>10</sub>                                           | 547758,82    | 8512,06        | 3,32                | 2566,48       | KVB <sub>10</sub>                           | 46.498,00    | 613,96         | 3,32                | 185,12        |
| KVB <sub>11</sub>                                           | 154291,73    | 2397,66        | 3,32                | 722,92        | KVB <sub>11</sub>                           | 17.088,00    | 57,11          | 3,32                | 17,22         |
| KVB <sub>12</sub>                                           | 255855,54    | 3975,94        | 3,32                | 1198,79       | KVB <sub>12</sub>                           | 18.812,00    | 569,58         | 3,32                | 171,74        |
| KVB <sub>13</sub>                                           | 500173,95    | 7772,60        | 3,32                | 2343,53       | KVB <sub>13</sub>                           | 49.152,00    | 367,85         | 3,32                | 110,91        |
| KVB <sub>14</sub>                                           | 393837,76    | 6120,16        | 3,32                | 1845,30       | KVB <sub>14</sub>                           | 34.476,00    | 637,25         | 3,32                | 192,14        |
| KVB <sub>15</sub>                                           | 157998,44    | 2455,26        | 3,32                | 740,29        | KVB <sub>15</sub>                           | 11.904,00    | 326,09         | 3,32                | 98,32         |
| KVB <sub>16</sub>                                           | 54442,28     | 846,02         | 3,32                | 255,09        | KVB <sub>16</sub>                           | 2.134,00     | 7,24           | 3,32                | 2,18          |
| KVB <sub>17</sub>                                           | 375767,55    | 5839,35        | 3,32                | 1760,63       | KVB <sub>17</sub>                           | 29.174,00    | 506,29         | 3,32                | 152,65        |
| KVB <sub>18</sub>                                           | 154291,73    | 2397,66        | 3,32                | 722,92        | KVB <sub>18</sub>                           | 17.088,00    | 57,11          | 3,32                | 17,22         |
| KVB <sub>19</sub>                                           | 865840,73    | 13454,99       | 3,32                | 4056,83       | KVB <sub>19</sub>                           | 59.045,00    | 903,86         | 3,32                | 272,52        |
| KVB <sub>20</sub>                                           | 157998,44    | 2455,26        | 3,32                | 740,29        | KVB <sub>20</sub>                           | 8.544,00     | 28,56          | 3,32                | 8,61          |
| KVB <sub>21</sub>                                           | 168191,89    | 2613,67        | 3,32                | 788,05        | KVB <sub>21</sub>                           | 8.736,00     | 28,55          | 3,32                | 8,61          |
| KVB <sub>22</sub>                                           | 139464,90    | 2167,26        | 3,32                | 653,45        | KVB <sub>22</sub>                           | 4.272,00     | 14,28          | 3,32                | 4,31          |
| KVB <sub>23</sub>                                           | 233059,28    | 3621,69        | 3,32                | 1091,98       | KVB <sub>23</sub>                           | 11.450,00    | 605,64         | 3,32                | 182,61        |

**Çizelge 4.9 : Kesin Çıktılar İçin Hesaplanan Standart Hata Değerleri.**

| Hizmet alan tekil kişi sayısı - C <sub>1</sub> |              |                |                     |               | Kişi başına ortalama gelir - C <sub>3</sub> |              |                |                     |               |
|------------------------------------------------|--------------|----------------|---------------------|---------------|---------------------------------------------|--------------|----------------|---------------------|---------------|
| KVB                                            | Genel Toplam | Standart Sapma | Veri Sayısının Kökü | Standart Hata | KVB                                         | Genel Toplam | Standart Sapma | Veri Sayısının Kökü | Standart Hata |
| KVB <sub>1</sub>                               | 38.260,00    | 472,20         | 3,32                | 142,37        | KVB <sub>1</sub>                            | 422,00       | 47,48          | 3,32                | 14,32         |
| KVB <sub>2</sub>                               | 1289,00      | 18,88          | 3,32                | 5,69          | KVB <sub>2</sub>                            | 552,00       | 132,60         | 3,32                | 39,98         |
| KVB <sub>3</sub>                               | 3.568,00     | 25,25          | 3,32                | 7,61          | KVB <sub>3</sub>                            | 9609,00      | 1883,56        | 3,32                | 567,91        |
| KVB <sub>4</sub>                               | 12.071,00    | 126,70         | 3,32                | 38,20         | KVB <sub>4</sub>                            | 1207,00      | 162,37         | 3,32                | 48,96         |
| KVB <sub>5</sub>                               | 506,00       | 17,02          | 3,32                | 5,13          | KVB <sub>5</sub>                            | 1837,00      | 308,49         | 3,32                | 93,01         |
| KVB <sub>6</sub>                               | 14.246,00    | 220,59         | 3,32                | 66,51         | KVB <sub>6</sub>                            | 839,00       | 114,32         | 3,32                | 34,47         |
| KVB <sub>7</sub>                               | 727,00       | 21,09          | 3,32                | 6,36          | KVB <sub>7</sub>                            | 2427,00      | 1614,61        | 3,32                | 486,82        |
| KVB <sub>8</sub>                               | 1.685,00     | 33,75          | 3,32                | 10,18         | KVB <sub>8</sub>                            | 690,00       | 234,76         | 3,32                | 70,78         |
| KVB <sub>9</sub>                               | 5.592,00     | 38,30          | 3,32                | 11,55         | KVB <sub>9</sub>                            | 2326,00      | 293,99         | 3,32                | 88,64         |
| KVB <sub>10</sub>                              | 6.115,00     | 51,20          | 3,32                | 15,44         | KVB <sub>10</sub>                           | 5937,00      | 839,05         | 3,32                | 252,98        |
| KVB <sub>11</sub>                              | 4.780,00     | 152,61         | 3,32                | 46,01         | KVB <sub>11</sub>                           | 1518,00      | 204,09         | 3,32                | 61,54         |
| KVB <sub>12</sub>                              | 8.359,00     | 67,08          | 3,32                | 20,23         | KVB <sub>12</sub>                           | 1032,00      | 217,87         | 3,32                | 65,69         |
| KVB <sub>13</sub>                              | 21.631,00    | 238,83         | 3,32                | 72,01         | KVB <sub>13</sub>                           | 1056,00      | 150,03         | 3,32                | 45,24         |
| KVB <sub>14</sub>                              | 13.169,00    | 171,04         | 3,32                | 51,57         | KVB <sub>14</sub>                           | 3646,00      | 452,59         | 3,32                | 136,46        |
| KVB <sub>15</sub>                              | 6.088,00     | 67,44          | 3,32                | 20,33         | KVB <sub>15</sub>                           | 1137,00      | 178,03         | 3,32                | 53,68         |
| KVB <sub>16</sub>                              | 270,00       | 4,64           | 3,32                | 1,40          | KVB <sub>16</sub>                           | 1399,00      | 270,52         | 3,32                | 81,56         |
| KVB <sub>17</sub>                              | 17.471,00    | 201,45         | 3,32                | 60,74         | KVB <sub>17</sub>                           | 2238,00      | 261,13         | 3,32                | 78,73         |
| KVB <sub>18</sub>                              | 4.928,00     | 39,45          | 3,32                | 11,90         | KVB <sub>18</sub>                           | 1530,00      | 221,64         | 3,32                | 66,83         |
| KVB <sub>19</sub>                              | 16.288,00    | 135,92         | 3,32                | 40,98         | KVB <sub>19</sub>                           | 4313,00      | 430,10         | 3,32                | 129,68        |
| KVB <sub>20</sub>                              | 1.180,00     | 14,86          | 3,32                | 4,48          | KVB <sub>20</sub>                           | 3637,00      | 685,19         | 3,32                | 206,59        |
| KVB <sub>21</sub>                              | 2.796,00     | 15,82          | 3,32                | 4,77          | KVB <sub>21</sub>                           | 1814,00      | 372,31         | 3,32                | 112,26        |
| KVB <sub>22</sub>                              | 443,00       | 8,72           | 3,32                | 2,63          | KVB <sub>22</sub>                           | 5029,00      | 1056,50        | 3,32                | 318,55        |
| KVB <sub>23</sub>                              | 3.148,00     | 43,44          | 3,32                | 13,10         | KVB <sub>23</sub>                           | 1708,00      | 359,07         | 3,32                | 108,26        |

**Çizelge 4.9 (devam) : Kesin Çıktılar İçin Hesaplanan Standart Hata Değerleri.**

| Ameliyat olan tekil kişi sayısı - C <sub>7</sub> |              |                |                     |               | Yapılan Laboratuvar tetkik sayısı - C <sub>17</sub> |              |                |                     |               |
|--------------------------------------------------|--------------|----------------|---------------------|---------------|-----------------------------------------------------|--------------|----------------|---------------------|---------------|
| KVB                                              | Genel Toplam | Standart Sapma | Veri Sayısının Kökü | Standart Hata | KVB                                                 | Genel Toplam | Standart Sapma | Veri Sayısının Kökü | Standart Hata |
| KVB <sub>1</sub>                                 | 197,00       | 6,46           | 3,32                | 1,95          | KVB <sub>1</sub>                                    | 27.021,00    | 537,20         | 3,32                | 161,97        |
| KVB <sub>2</sub>                                 | 0,00         | 0,00           | 3,32                | 0,00          | KVB <sub>2</sub>                                    | 316,00       | 24,27          | 3,32                | 7,32          |
| KVB <sub>3</sub>                                 | 580,00       | 8,53           | 3,32                | 2,57          | KVB <sub>3</sub>                                    | 8.575,00     | 105,31         | 3,32                | 31,75         |
| KVB <sub>4</sub>                                 | 300,00       | 3,93           | 3,32                | 1,19          | KVB <sub>4</sub>                                    | 23.251,00    | 450,60         | 3,32                | 135,86        |
| KVB <sub>5</sub>                                 | 0,00         | 0,00           | 3,32                | 0,00          | KVB <sub>5</sub>                                    | 51,00        | 7,93           | 3,32                | 2,39          |
| KVB <sub>6</sub>                                 | 0,00         | 0,29           | 3,32                | 0,09          | KVB <sub>6</sub>                                    | 20.617,00    | 382,96         | 3,32                | 115,47        |
| KVB <sub>7</sub>                                 | 19,00        | 1,66           | 3,32                | 0,50          | KVB <sub>7</sub>                                    | 234,00       | 10,08          | 3,32                | 3,04          |
| KVB <sub>8</sub>                                 | 0,00         | 0,00           | 3,32                | 0,00          | KVB <sub>8</sub>                                    | 2.147,00     | 77,36          | 3,32                | 23,32         |
| KVB <sub>9</sub>                                 | 0,00         | 0,29           | 3,32                | 0,09          | KVB <sub>9</sub>                                    | 456,00       | 13,04          | 3,32                | 3,93          |
| KVB <sub>10</sub>                                | 1597,00      | 22,88          | 3,32                | 6,90          | KVB <sub>10</sub>                                   | 21.011,00    | 376,68         | 3,32                | 113,57        |
| KVB <sub>11</sub>                                | 21,00        | 1,83           | 3,32                | 0,55          | KVB <sub>11</sub>                                   | 15.752,00    | 529,29         | 3,32                | 159,59        |
| KVB <sub>12</sub>                                | 160,00       | 5,30           | 3,32                | 1,60          | KVB <sub>12</sub>                                   | 2.872,00     | 87,19          | 3,32                | 26,29         |
| KVB <sub>13</sub>                                | 0,00         | 0,29           | 3,32                | 0,09          | KVB <sub>13</sub>                                   | 144.367,00   | 1.561,17       | 3,32                | 470,71        |
| KVB <sub>14</sub>                                | 2045,00      | 26,71          | 3,32                | 8,05          | KVB <sub>14</sub>                                   | 31.726,00    | 641,03         | 3,32                | 193,28        |
| KVB <sub>15</sub>                                | 0,00         | 0,00           | 3,32                | 0,00          | KVB <sub>15</sub>                                   | 18.091,00    | 257,85         | 3,32                | 77,75         |
| KVB <sub>16</sub>                                | 0,00         | 0,00           | 3,32                | 0,00          | KVB <sub>16</sub>                                   | 0,00         | 0,00           | 3,32                | 0,00          |
| KVB <sub>17</sub>                                | 920,00       | 22,09          | 3,32                | 6,66          | KVB <sub>17</sub>                                   | 7.658,00     | 142,57         | 3,32                | 42,99         |
| KVB <sub>18</sub>                                | 0,00         | 0,00           | 3,32                | 0,00          | KVB <sub>18</sub>                                   | 25.809,00    | 294,49         | 3,32                | 88,79         |
| KVB <sub>19</sub>                                | 1602,00      | 15,84          | 3,32                | 4,77          | KVB <sub>19</sub>                                   | 21.771,00    | 249,10         | 3,32                | 75,11         |
| KVB <sub>20</sub>                                | 344,00       | 5,69           | 3,32                | 1,72          | KVB <sub>20</sub>                                   | 1.226,00     | 40,76          | 3,32                | 12,29         |
| KVB <sub>21</sub>                                | 0,00         | 0,00           | 3,32                | 0,00          | KVB <sub>21</sub>                                   | 37,00        | 3,31           | 3,32                | 1,00          |
| KVB <sub>22</sub>                                | 0,00         | 0,29           | 3,32                | 0,09          | KVB <sub>22</sub>                                   | 6.898,00     | 119,05         | 3,32                | 35,90         |
| KVB <sub>23</sub>                                | 239,00       | 14,14          | 3,32                | 4,26          | KVB <sub>23</sub>                                   | 5.754,00     | 109,37         | 3,32                | 32,98         |

**Çizelge 4.9 (devam) : Kesin Çıktılar İçin Hesaplanan Standart Hata Değerleri.**

| Hasta Şikayet sayısı - C <sub>21</sub> |                 |                   |                        |               |
|----------------------------------------|-----------------|-------------------|------------------------|---------------|
| KVB                                    | Genel<br>Toplam | Standart<br>Sapma | Veri Sayısının<br>Kökü | Standart Hata |
| KVB <sub>1</sub>                       | 68,00           | 3,79              | 3,32                   | 1,14          |
| KVB <sub>2</sub>                       | -               | -                 | 3,32                   | -             |
| KVB <sub>3</sub>                       | 7,00            | 0,88              | 3,32                   | 0,27          |
| KVB <sub>4</sub>                       | 23,00           | 1,73              | 3,32                   | 0,52          |
| KVB <sub>5</sub>                       | -               | -                 | 3,32                   | -             |
| KVB <sub>6</sub>                       | 29,00           | 1,72              | 3,32                   | 0,52          |
| KVB <sub>7</sub>                       | 1,00            | 0,29              | 3,32                   | 0,09          |
| KVB <sub>8</sub>                       | -               | -                 | 3,32                   | -             |
| KVB <sub>9</sub>                       | 10,00           | 1,00              | 3,32                   | 0,30          |
| KVB <sub>10</sub>                      | 10,00           | 0,67              | 3,32                   | 0,20          |
| KVB <sub>11</sub>                      | 10,00           | 1,08              | 3,32                   | 0,33          |
| KVB <sub>12</sub>                      | 7,00            | 0,77              | 3,32                   | 0,23          |
| KVB <sub>13</sub>                      | 48,00           | 2,80              | 3,32                   | 0,85          |
| KVB <sub>14</sub>                      | 52,00           | 2,60              | 3,32                   | 0,78          |
| KVB <sub>15</sub>                      | 3,00            | 0,45              | 3,32                   | 0,13          |
| KVB <sub>16</sub>                      | -               | -                 | 3,32                   | -             |
| KVB <sub>17</sub>                      | 9,00            | 0,72              | 3,32                   | 0,22          |
| KVB <sub>18</sub>                      | 6,00            | 0,66              | 3,32                   | 0,20          |
| KVB <sub>19</sub>                      | 36,00           | 2,89              | 3,32                   | 0,87          |
| KVB <sub>20</sub>                      | 3,00            | 0,45              | 3,32                   | 0,13          |
| KVB <sub>21</sub>                      | 2,00            | 0,39              | 3,32                   | 0,12          |
| KVB <sub>22</sub>                      | -               | -                 | 3,32                   | -             |
| KVB <sub>23</sub>                      | 6,00            | 0,78              | 3,32                   | 0,24          |

#### 4.4 Bulanık Verilerin Oluşturulması

Bu aşamada, bir önceki bölümde belirlenen dört girdi ve beş çıktı değişkeninin her biri için merkez değer, alt sınır ve üst sınır olmak üzere üçlü bir yapı tanımlanarak bulanık üçgen sayıları oluşturulmuştur. Bu yaklaşım, çalışmada kullanılan verilerin olası ölçüm hatalarını ve aylık dalgalanmaları göz önünde bulundurabilmek adına tercih edilmiştir.

Her bir değişkenin merkez değeri (m), önceki kısımlarda elde edilen 11 aylık ortalama veya 11 aylık toplam verilerden elde edilmiştir. Alt sınır (l) ve üst sınır (u) değerleri ise ilgili değişkenin standart hata (SE) değeri kullanılarak şu şekilde hesaplanmıştır:

$$l = m - SE \quad (4.2)$$

$$l = m + SE \quad (4.3)$$

Bu yöntem sayesinde, her bir değişkenin gerçek değeri belirli bir belirsizlik aralığı ( $l$ ,  $u$ ) içerisinde değerlendirilmiş ve bulanık mantık ilkelerine uygun bir girdi oluşturulmuştur. Poliklinikler bazında bulanıklaştırılmış girdi verileri, Çizelge 4.10'da; yine aynı şekilde bulanıklaştırılmış çıktı verileri ise Çizelge 4.11'de toplu hâlde sunulmuştur.

Tablolarda,  $(m, l, u)$  şeklinde ifade edilen bulanık üçgen sayıları, hem girdiler hem de çıktılar için ayrı ayrı gösterilmektedir. Böylece her bir poliklinik ve her bir değişken için olası değişim aralığı net bir biçimde ortaya konmuştur. Bu yaklaşım, Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) uygulamasında her poliklinik için en iyimser, en kötümser ve merkezi performans senaryolarının değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

Böylelikle, alt sınır değeri kullanıldığında en kötümser değerlendirme, üst sınır değeri kullanıldığında ise en iyimser değerlendirme yapılabilmekte; gerçek durum çoğunlukla merkez değer etrafında şekillendiğinden, üçgen bulanık yapıyla gerçekçi ve esnek bir analiz çerçevesi sağlanmaktadır.

**Çizelge 4.10 : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0$ ).**

| KVB              |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> | KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> |
|------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                  | m | 1501,00        | 1792020,19     | 276705,78      | 58539,00        |                   | m | 1353,00        | 2102840,06     | 500173,95      | 49152,00        |
| KVB <sub>1</sub> | l | 1494,97        | 1782779,22     | 275409,29      | 58303,64        | KVB <sub>13</sub> | l | 1348,94        | 2085900,18     | 497830,43      | 49041,09        |
|                  | u | 1507,03        | 1801261,17     | 278002,26      | 58774,36        |                   | u | 1357,06        | 2119779,95     | 502517,48      | 49262,91        |
|                  | m | 498,00         | 7,00           | 112359,60      | 6832,00         |                   | m | 1179,00        | 4892779,05     | 393837,76      | 34476,00        |
| KVB <sub>2</sub> | l | 494,41         | 6,39           | 111833,14      | 6784,05         | KVB <sub>14</sub> | l | 1172,49        | 4879226,94     | 391992,46      | 34283,86        |
|                  | u | 501,59         | 7,61           | 112886,05      | 6879,95         |                   | u | 1185,51        | 4906331,15     | 395683,05      | 34668,14        |
|                  | m | 951,00         | 6216592,25     | 234171,30      | 23466,00        |                   | m | 576,00         | 27812,33       | 157998,44      | 11904,00        |
| KVB <sub>3</sub> | l | 947,86         | 6153195,78     | 233074,11      | 23437,95        | KVB <sub>15</sub> | l | 575,50         | 27496,04       | 157258,15      | 11805,68        |
|                  | u | 954,14         | 6279988,72     | 235268,49      | 23494,05        |                   | u | 576,50         | 28128,63       | 158738,73      | 12002,32        |
|                  | m | 550,00         | 953526,04      | 315070,21      | 16260,00        |                   | m | 288,00         | 0,00           | 54442,28       | 2134,00         |
| KVB <sub>4</sub> | l | 547,66         | 945880,77      | 313593,97      | 16189,62        | KVB <sub>16</sub> | l | 287,75         | 0,00           | 54187,19       | 2131,82         |
|                  | u | 552,34         | 961171,30      | 316546,44      | 16330,38        |                   | u | 288,25         | 0,00           | 54697,36       | 2136,18         |
|                  | m | 240,00         | 0,00           | 74134,17       | 2112,00         |                   | m | 1022,00        | 2683832,52     | 375767,55      | 29174,00        |
| KVB <sub>5</sub> | l | 239,72         | 0,00           | 73786,82       | 2109,48         | KVB <sub>17</sub> | l | 1016,64        | 2669535,25     | 374006,92      | 29021,35        |
|                  | u | 240,28         | 0,00           | 74481,52       | 2114,52         |                   | u | 1027,36        | 2698129,79     | 377528,19      | 29326,65        |
|                  | m | 914,00         | 2301804,62     | 311595,17      | 28444,00        |                   | m | 576,00         | 152614,62      | 154291,73      | 17088,00        |
| KVB <sub>6</sub> | l | 904,73         | 2293726,75     | 310135,21      | 28216,94        | KVB <sub>18</sub> | l | 575,50         | 149459,24      | 153568,81      | 17070,78        |
|                  | u | 923,27         | 2309882,49     | 313055,12      | 28671,06        |                   | u | 576,50         | 155770,01      | 155014,66      | 17105,22        |
|                  | m | 358,00         | 30745,08       | 189968,80      | 5289,00         |                   | m | 2150,00        | 34008825,31    | 865840,73      | 59045,00        |
| KVB <sub>7</sub> | l | 354,72         | 30250,18       | 189078,72      | 5241,60         | KVB <sub>19</sub> | l | 2143,69        | 33785788,77    | 861783,90      | 58772,48        |
|                  | u | 361,28         | 31239,98       | 190858,89      | 5336,40         |                   | u | 2156,31        | 34231861,84    | 869897,56      | 59317,52        |
|                  | m | 288,00         | 102793,77      | 74134,17       | 8496,00         |                   | m | 288,00         | 487226,14      | 157998,44      | 8544,00         |
| KVB <sub>8</sub> | l | 287,75         | 100349,73      | 73786,82       | 8487,89         | KVB <sub>20</sub> | l | 287,75         | 483753,46      | 157258,15      | 8535,39         |
|                  | u | 288,25         | 105237,82      | 74481,52       | 8504,11         |                   | u | 288,25         | 490698,82      | 158738,73      | 8552,61         |

**Çizelge 4.10 (devam) : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0$ ).**

| KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> | KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                   | m | 576,00         | 45581,60       | 1974517,18     | 17088,00        |                   | m | 576,00         | 1405,00        | 168191,89      | 8736,00         |
| KVB <sub>9</sub>  | l | 575,50         | 44142,85       | 1965265,73     | 17070,78        | KVB <sub>21</sub> | l | 575,50         | 1369,50        | 167403,84      | 8727,39         |
|                   | u | 576,50         | 47020,35       | 1983768,63     | 17105,22        |                   | u | 576,50         | 1440,50        | 168979,94      | 8744,61         |
|                   | m | 1806,00        | 7853449,17     | 547758,82      | 46498,00        |                   | m | 288,00         | 6330846,07     | 139464,90      | 4272,00         |
| KVB <sub>10</sub> | l | 1799,63        | 7800170,86     | 545192,34      | 46312,88        | KVB <sub>22</sub> | l | 287,75         | 6137892,23     | 138811,45      | 4267,69         |
|                   | u | 1812,37        | 7906727,48     | 550325,30      | 46683,12        |                   | u | 288,25         | 6523799,91     | 140118,35      | 4276,31         |
|                   | m | 576,00         | 599691,32      | 154291,73      | 17088,00        |                   | m | 418,00         | 610909,96      | 233059,28      | 11450,00        |
| KVB <sub>11</sub> | l | 575,50         | 585972,57      | 153568,81      | 17070,78        | KVB <sub>23</sub> | l | 411,89         | 600022,28      | 231967,30      | 11267,39        |
|                   | u | 576,50         | 613410,06      | 155014,66      | 17105,22        |                   | u | 424,11         | 621797,64      | 234151,27      | 11632,61        |
|                   | m | 418,00         | 632360,01      | 255855,54      | 18812,00        |                   |   |                |                |                |                 |
| KVB <sub>12</sub> | l | 414,13         | 616565,50      | 254656,75      | 18640,26        |                   |   |                |                |                |                 |
|                   | u | 421,87         | 648154,51      | 257054,33      | 18983,74        |                   |   |                |                |                |                 |

**Çizelge 4.11 : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0$ ).**

| KVB              |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> | KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> |
|------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                  | m | 38260,00       | 422,05         | 197,00         | 27021,00        | 68,00           |                   | m | 21631,00       | 1056,47        | 1,00           | 144367,00       | 48,00           |
| KVB <sub>1</sub> | l | 38117,63       | 407,73         | 195,05         | 26859,03        | 66,86           | KVB <sub>13</sub> | l | 21558,99       | 1011,23        | 0,91           | 143896,29       | 47,15           |
|                  | u | 38402,37       | 436,37         | 198,95         | 27182,97        | 69,14           |                   | u | 21703,01       | 1101,71        | 1,09           | 144837,71       | 48,85           |
|                  | m | 1289,00        | 552,33         | 0,00           | 316,00          | 0,00            |                   | m | 13169,00       | 3645,88        | 2045,00        | 31726,00        | 52,00           |
| KVB <sub>2</sub> | l | 1283,31        | 512,35         | 0,00           | 308,68          | 0,00            | KVB <sub>14</sub> | l | 13117,43       | 3509,42        | 2036,95        | 31532,72        | 51,22           |
|                  | u | 1294,69        | 592,31         | 0,00           | 323,32          | 0,00            |                   | u | 13220,57       | 3782,34        | 2053,05        | 31919,28        | 52,78           |
|                  | m | 3568,00        | 9609,09        | 580,00         | 8575,00         | 7,00            |                   | m | 6088,00        | 1136,97        | 0,00           | 18091,00        | 3,00            |
| KVB <sub>3</sub> | l | 3560,39        | 9041,18        | 577,43         | 8543,25         | 6,73            | KVB <sub>15</sub> | l | 6067,67        | 1083,29        | 0,00           | 18013,25        | 2,87            |
|                  | u | 3575,61        | 10177,00       | 582,57         | 8606,75         | 7,27            |                   | u | 6108,33        | 1190,65        | 0,00           | 18168,75        | 3,13            |
|                  | m | 12071,00       | 1206,80        | 300,00         | 23251,00        | 23,00           |                   | m | 270,00         | 1398,61        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
| KVB <sub>4</sub> | l | 12032,80       | 1157,84        | 298,81         | 23115,14        | 22,48           | KVB <sub>16</sub> | l | 268,60         | 1317,05        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
|                  | u | 12109,20       | 1255,76        | 301,19         | 23386,86        | 23,52           |                   | u | 271,40         | 1480,17        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
|                  | m | 506,00         | 1837,19        | 0,00           | 51,00           | 0,00            |                   | m | 17471,00       | 2238,16        | 920,00         | 7658,00         | 9,00            |
| KVB <sub>5</sub> | l | 500,87         | 1744,18        | 0,00           | 48,61           | 0,00            | KVB <sub>17</sub> | l | 17410,26       | 2159,43        | 913,34         | 7615,01         | 8,78            |
|                  | u | 511,13         | 1930,20        | 0,00           | 53,39           | 0,00            |                   | u | 17531,74       | 2316,89        | 926,66         | 7700,99         | 9,22            |
|                  | m | 14246,00       | 839,17         | 1,00           | 20617,00        | 29,00           |                   | m | 4928,00        | 1529,83        | 0,00           | 25809,00        | 6,00            |
| KVB <sub>6</sub> | l | 14179,49       | 804,70         | 0,91           | 20501,53        | 28,48           | KVB <sub>18</sub> | l | 4916,10        | 1463,00        | 0,00           | 25720,21        | 5,80            |
|                  | u | 14312,51       | 873,64         | 1,09           | 20732,47        | 29,52           |                   | u | 4939,90        | 1596,66        | 0,00           | 25897,79        | 6,20            |
|                  | m | 727,00         | 2426,93        | 19,00          | 234,00          | 1,00            |                   | m | 16288,00       | 4312,56        | 1602,00        | 21771,00        | 36,00           |
| KVB <sub>7</sub> | l | 720,64         | 1940,11        | 18,50          | 230,96          | 0,91            | KVB <sub>19</sub> | l | 16247,02       | 4182,88        | 1597,23        | 21695,89        | 35,13           |
|                  | u | 733,36         | 2913,75        | 19,50          | 237,04          | 1,09            |                   | u | 16328,98       | 4442,24        | 1606,77        | 21846,11        | 36,87           |
|                  | m | 1685,00        | 689,52         | 0,00           | 2147,00         | 0,00            |                   | m | 1180,00        | 3636,63        | 344,00         | 1226,00         | 3,00            |
| KVB <sub>8</sub> | l | 1674,82        | 618,74         | 0,00           | 2123,68         | 0,00            | KVB <sub>20</sub> | l | 1175,52        | 3430,04        | 342,28         | 1213,71         | 2,87            |
|                  | u | 1695,18        | 760,30         | 0,00           | 2170,32         | 0,00            |                   | u | 1184,48        | 3843,22        | 345,72         | 1238,29         | 3,13            |

**Çizelge 4.11 (devam) : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0$ ).**

| KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> | KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                   | m | 5592,00        | 2326,23        | 1,00           | 456,00          | 10,00           |                   | m | 2796,00        | 1814,32        | 0,00           | 37,00           | 2,00            |
| KVB <sub>9</sub>  | l | 5580,45        | 2237,59        | 0,91           | 452,07          | 9,70            | KVB <sub>21</sub> | l | 2791,23        | 1702,06        | 0,00           | 36,00           | 1,88            |
|                   | u | 5603,55        | 2414,87        | 1,09           | 459,93          | 10,30           |                   | u | 2800,77        | 1926,58        | 0,00           | 38,00           | 2,12            |
|                   | m | 6115,00        | 5937,05        | 1597,00        | 21011,00        | 10,00           |                   | m | 443,00         | 5028,86        | 1,00           | 6898,00         | 0,00            |
| KVB <sub>10</sub> | l | 6099,56        | 5684,07        | 1590,10        | 20897,43        | 9,80            | KVB <sub>22</sub> | l | 440,37         | 4710,31        | 0,91           | 6862,10         | 0,00            |
|                   | u | 6130,44        | 6190,03        | 1603,90        | 21124,57        | 10,20           |                   | u | 445,63         | 5347,41        | 1,09           | 6933,90         | 0,00            |
|                   | m | 4780,00        | 1517,56        | 21,00          | 15752,00        | 10,00           |                   | m | 3148,00        | 1707,81        | 239,00         | 5754,00         | 6,00            |
| KVB <sub>11</sub> | l | 4733,99        | 1456,02        | 20,45          | 15592,41        | 9,67            | KVB <sub>23</sub> | l | 3134,90        | 1599,55        | 234,74         | 5721,02         | 5,76            |
|                   | u | 4826,01        | 1579,10        | 21,55          | 15911,59        | 10,33           |                   | u | 3161,10        | 1816,07        | 243,26         | 5786,98         | 6,24            |
|                   | m | 8359,00        | 1032,49        | 160,00         | 2872,00         | 7,00            |                   |   |                |                |                |                 |                 |
| KVB <sub>12</sub> | l | 8338,77        | 966,80         | 158,40         | 2845,71         | 6,77            |                   |   |                |                |                |                 |                 |
|                   | u | 8379,23        | 1098,18        | 161,60         | 2898,29         | 7,23            |                   |   |                |                |                |                 |                 |

#### 4.5 Alfa Kesme Yöntemi ve Elde Edilen Değerlerin Uygulaması

Bu bölümde, alfa kesme yönteminin verilere nasıl dahil edildiği ayrıntılı biçimde ele alınacak ve yöntemin uygulanması sonucunda elde edilen değerler paylaşılacaktır. Daha önce oluşturulan üçgen bulanık sayılar, belirsizliğin modellenmesi açısından önemli bir yapı sunmaktadır. Ancak bulanık veri zarflama analizinin (BVZA) uygulanabilmesi için bu verilerin belirli bir kesinlik seviyesinde temsil edilmesi gerekmektedir. Bu noktada, alfa kesme yöntemi kullanılarak her bir değişken için farklı kesinlik seviyelerinde belirli bir aralık oluşturulmaktadır.

Çalışmada, verilerin farklı güven seviyelerinde değerlendirilmesine olanak sağlamak amacıyla  $\alpha = 0$ ,  $\alpha = 0.25$ ,  $\alpha = 0.50$ ,  $\alpha = 0.75$  ve  $\alpha = 1$  olmak üzere beş farklı alfa değeri belirlenmiştir. Alfa değeri 0 olarak seçildiğinde, belirsizlik en yüksek seviyede olur ve değişkenin alt ve üst sınır değerleri arasında en geniş aralık oluşur. Alfa değeri arttıkça, değişkenin belirsizlik seviyesi azalır ve elde edilen değerler merkezi değere ( $m$ ) daha fazla yaklaşır. Alfa değeri 1 olduğunda ise belirsizlik tamamen ortadan kalkar ve değişken sadece merkezi değerle temsil edilir.

Bulanık sayıları belirli kesinlik seviyelerine dönüştürmek için kullanılan formüller aşağıdaki gibidir:

$$L(\alpha) = m - \alpha(m - l) \quad (4.4)$$

$$U(\alpha) = m + \alpha(u - m) \quad (4.5)$$

Burada;

- $m$  , değişkenin merkez değeridir (ortalama veya toplam değer)
- $l$  , değişkenin alt sınırıdır ve “ $l = m - SE$ ” formülü ile hesaplanır.
- $u$  , değişkenin üst sınırıdır ve “ $u = m + SE$ ” formülü ile hesaplanır.
- $L(\alpha)$  , belirlenen alfa değerleri için alt sınır değeridir.
- $U(\alpha)$  , belirlenen alfa değerleri için üst sınır değeridir.

Bu formüllere göre, belirlenen beş farklı alfa değeri için her bir değişkenin kesin aralıkları şu şekilde hesaplanmaktadır:

- $\alpha = 0$  için;

$$L(0) = m - 0(m - l) \quad (4.6)$$

$$L(0) = m + 0(u - m) \quad (4.7)$$

Bu seviyede, değişkenin belirsizlik aralığı maksimum seviyede olup, en geniş aralık elde edilir. Buna dair alt ve üst sınır değerleri daha önce girdiler için Çizelge 4.10'da, çıktıları için Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

- $\alpha = 0,25$  için;

$$L(0,25) = m - 0,25(m - l) \quad (4.8)$$

$$L(0,25) = m + 0,25(u - m) \quad (4.9)$$

Bu seviyede, alt ve üst sınır değerleri hala geniş bir belirsizlik aralığı sunmakla birlikte, “ $\alpha = 0$ ” seviyesine göre biraz daha dar bir aralık elde edilir. 0,25 alfa seviyesi için girdi değerleri Çizelge 4.12'de, çıktı değerleri Çizelge 4.13'de gösterilmiştir.

- $\alpha = 0,50$  için;

$$L(0,50) = m - 0,50(m - l) \quad (4.10)$$

$$L(0,50) = m + 0,50(u - m) \quad (4.11)$$

Bu durumda değişken, merkezi değerine doğru daha fazla yaklaşmış olup, belirsizlik seviyesi azalmaktadır. 0,50 alfa seviyesi için girdi değerleri Çizelge 4.14'de, çıktı değerleri Çizelge 4.15'de gösterilmiştir.

- $\alpha = 0,75$  için;

$$L(0,75) = m - 0,75(m - l) \quad (4.12)$$

$$L(0,75) = m + 0,75(u - m) \quad (4.13)$$

Artık değişkenin belirsizlik payı oldukça düşmüş olup, merkezi değere çok yakın bir aralık ortaya çıkmaktadır. 0,75 alfa seviyesi için girdi değerleri Çizelge 4.16'da, çıktı değerleri Çizelge 4.17'de gösterilmiştir.

- $\alpha = 1$  için;

$$L(1) = m - 1(m - l) \quad (4.14)$$

$$L(1) = m + 1(u - m) \quad (4.15)$$

Alfa kesme seviyesi 1 olduğunda, belirsizlik tamamen ortadan kalkar ve değişkenin sadece merkezi değeri kullanılır. Bu durum, klasik veri zarflama analizi yöntemi ile yapılan analizlere eşdeğer bir veri seti oluşturur. Merkezi değerler daha önce girdiler için Çizelge 4.8’de, çıktılar için Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Bu değerler gerçekleşen değerlerdir.



**Çizelge 4.12 : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,25$ ).**

| KVB              |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> | KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> |
|------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                  | m | 1501,00        | 1792020,19     | 276705,78      | 58539,00        |                   | m | 1353,00        | 2102840,06     | 500173,95      | 49152,00        |
| KVB <sub>1</sub> | l | 1496,47        | 1785089,46     | 275733,41      | 58362,48        | KVB <sub>13</sub> | l | 1349,95        | 2090135,15     | 498416,31      | 49068,82        |
|                  | u | 1505,53        | 1798950,93     | 277678,14      | 58715,52        |                   | u | 1356,05        | 2115544,98     | 501931,60      | 49235,18        |
|                  | m | 498,00         | 7,00           | 112359,60      | 6832,00         |                   | m | 1179,00        | 4892779,05     | 393837,76      | 34476,00        |
| KVB <sub>2</sub> | l | 495,31         | 6,54           | 111964,76      | 6796,04         | KVB <sub>14</sub> | l | 1174,12        | 4882614,97     | 392453,79      | 34331,90        |
|                  | u | 500,69         | 7,46           | 112754,43      | 6867,96         |                   | u | 1183,88        | 4902943,13     | 395221,73      | 34620,10        |
|                  | m | 951,00         | 6216592,25     | 234171,30      | 23466,00        |                   | m | 576,00         | 27812,33       | 157998,44      | 11904,00        |
| KVB <sub>3</sub> | l | 948,65         | 6169044,89     | 233348,40      | 23444,97        | KVB <sub>15</sub> | l | 575,62         | 27575,11       | 157443,22      | 11830,26        |
|                  | u | 953,35         | 6264139,60     | 234994,19      | 23487,03        |                   | u | 576,38         | 28049,56       | 158553,66      | 11977,74        |
|                  | m | 550,00         | 953526,04      | 315070,21      | 16260,00        |                   | m | 288,00         | 0,00           | 54442,28       | 2134,00         |
| KVB <sub>4</sub> | l | 548,24         | 947792,09      | 313963,03      | 16207,22        | KVB <sub>16</sub> | l | 287,81         | 0,00           | 54250,96       | 2132,36         |
|                  | u | 551,76         | 959259,98      | 316177,38      | 16312,78        |                   | u | 288,19         | 0,00           | 54633,59       | 2135,64         |
|                  | m | 240,00         | 0,00           | 74134,17       | 2112,00         |                   | m | 1022,00        | 2683832,52     | 375767,55      | 29174,00        |
| KVB <sub>5</sub> | l | 239,79         | 0,00           | 73873,65       | 2110,11         | KVB <sub>17</sub> | l | 1017,98        | 2673109,57     | 374447,08      | 29059,51        |
|                  | u | 240,21         | 0,00           | 74394,68       | 2113,89         |                   | u | 1026,02        | 2694555,47     | 377088,03      | 29288,49        |
|                  | m | 914,00         | 2301804,62     | 311595,17      | 28444,00        |                   | m | 576,00         | 152614,62      | 154291,73      | 17088,00        |
| KVB <sub>6</sub> | l | 907,04         | 2295746,22     | 310500,20      | 28273,71        | KVB <sub>18</sub> | l | 575,62         | 150248,09      | 153749,54      | 17075,08        |
|                  | u | 920,96         | 2307863,02     | 312690,13      | 28614,29        |                   | u | 576,38         | 154981,16      | 154833,93      | 17100,92        |
|                  | m | 358,00         | 30745,08       | 189968,80      | 5289,00         |                   | m | 2150,00        | 34008825,31    | 865840,73      | 59045,00        |
| KVB <sub>7</sub> | l | 355,54         | 30373,90       | 189301,24      | 5253,45         | KVB <sub>19</sub> | l | 2145,27        | 33841547,90    | 862798,10      | 58840,61        |
|                  | u | 360,46         | 31116,25       | 190636,36      | 5324,55         |                   | u | 2154,73        | 34176102,71    | 868883,35      | 59249,39        |
|                  | m | 288,00         | 102793,77      | 74134,17       | 8496,00         |                   | m | 288,00         | 487226,14      | 157998,44      | 8544,00         |
| KVB <sub>8</sub> | l | 287,81         | 100960,74      | 73873,65       | 8489,92         | KVB <sub>20</sub> | l | 287,81         | 484621,63      | 157443,22      | 8537,54         |
|                  | u | 288,19         | 104626,81      | 74394,68       | 8502,08         |                   | u | 288,19         | 489830,65      | 158553,66      | 8550,46         |

**Çizelge 4.12 (devam) : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,25$ ).**

| KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> | KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                   | m | 576,00         | 45581,60       | 1974517,18     | 17088,00        |                   | m | 576,00         | 1405,00        | 168191,89      | 8736,00         |
| KVB <sub>9</sub>  | l | 575,62         | 44502,54       | 1967578,59     | 17075,08        | KVB <sub>21</sub> | l | 575,62         | 1378,37        | 167600,85      | 8729,54         |
|                   | u | 576,38         | 46660,66       | 1981455,77     | 17100,92        |                   | u | 576,38         | 1431,63        | 168782,93      | 8742,46         |
|                   | m | 1806,00        | 7853449,17     | 547758,82      | 46498,00        |                   | m | 288,00         | 6330846,07     | 139464,90      | 4272,00         |
| KVB <sub>10</sub> | l | 1801,22        | 7813490,44     | 545833,96      | 46359,16        | KVB <sub>22</sub> | l | 287,81         | 6186130,69     | 138974,81      | 4268,77         |
|                   | u | 1810,78        | 7893407,90     | 549683,68      | 46636,84        |                   | u | 288,19         | 6475561,45     | 139954,99      | 4275,23         |
|                   | m | 576,00         | 599691,32      | 154291,73      | 17088,00        |                   | m | 418,00         | 610909,96      | 233059,28      | 11450,00        |
| KVB <sub>11</sub> | l | 575,62         | 589402,26      | 153749,54      | 17075,08        | KVB <sub>23</sub> | l | 413,41         | 602744,20      | 232240,30      | 11313,04        |
|                   | u | 576,38         | 609980,38      | 154833,93      | 17100,92        |                   | u | 422,59         | 619075,72      | 233878,27      | 11586,96        |
|                   | m | 418,00         | 632360,01      | 255855,54      | 18812,00        |                   |   |                |                |                |                 |
| KVB <sub>12</sub> | l | 415,09         | 620514,13      | 254956,45      | 18683,20        |                   |   |                |                |                |                 |
|                   | u | 420,91         | 644205,88      | 256754,63      | 18940,80        |                   |   |                |                |                |                 |

**Çizelge 4.13 : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,25$ ).**

| KVB              |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> | KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> |
|------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                  | m | 38260,00       | 422,05         | 197,00         | 27021,00        | 68,00           |                   | m | 21631,00       | 1056,47        | 1,00           | 144367,00       | 48,00           |
| KVB <sub>1</sub> | l | 38153,22       | 411,31         | 195,54         | 26899,52        | 67,14           | KVB <sub>13</sub> | l | 21576,99       | 1022,54        | 0,93           | 144013,97       | 47,37           |
|                  | u | 38366,78       | 432,79         | 198,46         | 27142,48        | 68,86           |                   | u | 21685,01       | 1090,40        | 1,07           | 144720,03       | 48,63           |
|                  | m | 1289,00        | 552,33         | 0,00           | 316,00          | 0,00            |                   | m | 13169,00       | 3645,88        | 2045,00        | 31726,00        | 52,00           |
| KVB <sub>2</sub> | l | 1284,73        | 522,35         | 0,00           | 310,51          | 0,00            | KVB <sub>14</sub> | l | 13130,32       | 3543,53        | 2038,96        | 31581,04        | 51,41           |
|                  | u | 1293,27        | 582,31         | 0,00           | 321,49          | 0,00            |                   | u | 13207,68       | 3748,23        | 2051,04        | 31870,96        | 52,59           |
|                  | m | 3568,00        | 9609,09        | 580,00         | 8575,00         | 7,00            |                   | m | 6088,00        | 1136,97        | 0,00           | 18091,00        | 3,00            |
| KVB <sub>3</sub> | l | 3562,29        | 9183,15        | 578,07         | 8551,19         | 6,80            | KVB <sub>15</sub> | l | 6072,75        | 1096,71        | 0,00           | 18032,69        | 2,90            |
|                  | u | 3573,71        | 10035,03       | 581,93         | 8598,81         | 7,20            |                   | u | 6103,25        | 1177,23        | 0,00           | 18149,31        | 3,10            |
|                  | m | 12071,00       | 1206,80        | 300,00         | 23251,00        | 23,00           |                   | m | 270,00         | 1398,61        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
| KVB <sub>4</sub> | l | 12042,35       | 1170,08        | 299,11         | 23149,10        | 22,61           | KVB <sub>16</sub> | l | 268,95         | 1337,44        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
|                  | u | 12099,65       | 1243,52        | 300,89         | 23352,90        | 23,39           |                   | u | 271,05         | 1459,78        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
|                  | m | 506,00         | 1837,19        | 0,00           | 51,00           | 0,00            |                   | m | 17471,00       | 2238,16        | 920,00         | 7658,00         | 9,00            |
| KVB <sub>5</sub> | l | 502,15         | 1767,43        | 0,00           | 49,21           | 0,00            | KVB <sub>17</sub> | l | 17425,44       | 2179,11        | 915,01         | 7625,76         | 8,84            |
|                  | u | 509,85         | 1906,95        | 0,00           | 52,79           | 0,00            |                   | u | 17516,56       | 2297,21        | 924,99         | 7690,24         | 9,16            |
|                  | m | 14246,00       | 839,17         | 1,00           | 20617,00        | 29,00           |                   | m | 4928,00        | 1529,83        | 0,00           | 25809,00        | 6,00            |
| KVB <sub>6</sub> | l | 14196,12       | 813,32         | 0,93           | 20530,40        | 28,61           | KVB <sub>18</sub> | l | 4919,08        | 1479,71        | 0,00           | 25742,41        | 5,85            |
|                  | u | 14295,88       | 865,02         | 1,07           | 20703,60        | 29,39           |                   | u | 4936,92        | 1579,95        | 0,00           | 25875,59        | 6,15            |
|                  | m | 727,00         | 2426,93        | 19,00          | 234,00          | 1,00            |                   | m | 16288,00       | 4312,56        | 1602,00        | 21771,00        | 36,00           |
| KVB <sub>7</sub> | l | 722,23         | 2061,81        | 18,63          | 231,72          | 0,93            | KVB <sub>19</sub> | l | 16257,26       | 4215,30        | 1598,42        | 21714,67        | 35,35           |
|                  | u | 731,77         | 2792,05        | 19,37          | 236,28          | 1,07            |                   | u | 16318,74       | 4409,82        | 1605,58        | 21827,33        | 36,65           |
|                  | m | 1685,00        | 689,52         | 0,00           | 2147,00         | 0,00            |                   | m | 1180,00        | 3636,63        | 344,00         | 1226,00         | 3,00            |
| KVB <sub>8</sub> | l | 1677,37        | 636,43         | 0,00           | 2129,51         | 0,00            | KVB <sub>20</sub> | l | 1176,64        | 3481,69        | 342,71         | 1216,78         | 2,90            |
|                  | u | 1692,63        | 742,61         | 0,00           | 2164,49         | 0,00            |                   | u | 1183,36        | 3791,57        | 345,29         | 1235,22         | 3,10            |

**Çizelge 4.13 (devam) : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,25$ ).**

| KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> | KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                   | m | 5592,00        | 2326,23        | 1,00           | 456,00          | 10,00           |                   | m | 2796,00        | 1814,32        | 0,00           | 37,00           | 2,00            |
| KVB <sub>9</sub>  | l | 5583,34        | 2259,75        | 0,93           | 453,05          | 9,77            | KVB <sub>21</sub> | l | 2792,42        | 1730,13        | 0,00           | 36,25           | 1,91            |
|                   | u | 5600,66        | 2392,71        | 1,07           | 458,95          | 10,23           |                   | u | 2799,58        | 1898,51        | 0,00           | 37,75           | 2,09            |
|                   | m | 6115,00        | 5937,05        | 1597,00        | 21011,00        | 10,00           |                   | m | 443,00         | 5028,86        | 1,00           | 6898,00         | 0,00            |
| KVB <sub>10</sub> | l | 6103,42        | 5747,31        | 1591,83        | 20925,82        | 9,85            | KVB <sub>22</sub> | l | 441,03         | 4789,95        | 0,93           | 6871,08         | 0,00            |
|                   | u | 6126,58        | 6126,79        | 1602,17        | 21096,18        | 10,15           |                   | u | 444,97         | 5267,77        | 1,07           | 6924,92         | 0,00            |
|                   | m | 4780,00        | 1517,56        | 21,00          | 15752,00        | 10,00           |                   | m | 3148,00        | 1707,81        | 239,00         | 5754,00         | 6,00            |
| KVB <sub>11</sub> | l | 4745,49        | 1471,41        | 20,59          | 15632,31        | 9,76            | KVB <sub>23</sub> | l | 3138,18        | 1626,61        | 235,80         | 5729,27         | 5,82            |
|                   | u | 4814,51        | 1563,71        | 21,41          | 15871,69        | 10,24           |                   | u | 3157,82        | 1789,01        | 242,20         | 5778,73         | 6,18            |
|                   | m | 8359,00        | 1032,49        | 160,00         | 2872,00         | 7,00            |                   |   |                |                |                |                 |                 |
| KVB <sub>12</sub> | l | 8343,83        | 983,22         | 158,80         | 2852,28         | 6,83            |                   |   |                |                |                |                 |                 |
|                   | u | 8374,17        | 1081,76        | 161,20         | 2891,72         | 7,17            |                   |   |                |                |                |                 |                 |

**Çizelge 4.14 : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,50$ ).**

| KVB              |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> | KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> |
|------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                  | m | 1501,00        | 1792020,19     | 276705,78      | 58539,00        |                   | m | 1353,00        | 2102840,06     | 500173,95      | 49152,00        |
| KVB <sub>1</sub> | l | 1497,98        | 1787399,71     | 276057,53      | 58421,32        | KVB <sub>13</sub> | l | 1350,97        | 2094370,12     | 499002,19      | 49096,54        |
|                  | u | 1504,02        | 1796640,68     | 277354,02      | 58656,68        |                   | u | 1355,03        | 2111310,01     | 501345,72      | 49207,46        |
|                  | m | 498,00         | 7,00           | 112359,60      | 6832,00         |                   | m | 1179,00        | 4892779,05     | 393837,76      | 34476,00        |
| KVB <sub>2</sub> | l | 496,21         | 6,70           | 112096,37      | 6808,03         | KVB <sub>14</sub> | l | 1175,75        | 4886003,00     | 392915,11      | 34379,93        |
|                  | u | 499,79         | 7,30           | 112622,82      | 6855,97         |                   | u | 1182,25        | 4899555,10     | 394760,41      | 34572,07        |
|                  | m | 951,00         | 6216592,25     | 234171,30      | 23466,00        |                   | m | 576,00         | 27812,33       | 157998,44      | 11904,00        |
| KVB <sub>3</sub> | l | 949,43         | 6184894,01     | 233622,70      | 23451,98        | KVB <sub>15</sub> | l | 575,75         | 27654,19       | 157628,30      | 11854,84        |
|                  | u | 952,57         | 6248290,49     | 234719,89      | 23480,02        |                   | u | 576,25         | 27970,48       | 158368,59      | 11953,16        |
|                  | m | 550,00         | 953526,04      | 315070,21      | 16260,00        |                   | m | 288,00         | 0,00           | 54442,28       | 2134,00         |
| KVB <sub>4</sub> | l | 548,83         | 949703,41      | 314332,09      | 16224,81        | KVB <sub>16</sub> | l | 287,87         | 0,00           | 54314,74       | 2132,91         |
|                  | u | 551,17         | 957348,67      | 315808,33      | 16295,19        |                   | u | 288,13         | 0,00           | 54569,82       | 2135,09         |
|                  | m | 240,00         | 0,00           | 74134,17       | 2112,00         |                   | m | 1022,00        | 2683832,52     | 375767,55      | 29174,00        |
| KVB <sub>5</sub> | l | 239,86         | 0,00           | 73960,49       | 2110,74         | KVB <sub>17</sub> | l | 1019,32        | 2676683,89     | 374887,24      | 29097,67        |
|                  | u | 240,14         | 0,00           | 74307,84       | 2113,26         |                   | u | 1024,68        | 2690981,15     | 376647,87      | 29250,33        |
|                  | m | 914,00         | 2301804,62     | 311595,17      | 28444,00        |                   | m | 576,00         | 152614,62      | 154291,73      | 17088,00        |
| KVB <sub>6</sub> | l | 909,36         | 2297765,69     | 310865,19      | 28330,47        | KVB <sub>18</sub> | l | 575,75         | 151036,93      | 153930,27      | 17079,39        |
|                  | u | 918,64         | 2305843,55     | 312325,14      | 28557,53        |                   | u | 576,25         | 154192,31      | 154653,19      | 17096,61        |
|                  | m | 358,00         | 30745,08       | 189968,80      | 5289,00         |                   | m | 2150,00        | 34008825,31    | 865840,73      | 59045,00        |
| KVB <sub>7</sub> | l | 356,36         | 30497,63       | 189523,76      | 5265,30         | KVB <sub>19</sub> | l | 2146,85        | 33897307,04    | 863812,31      | 58908,74        |
|                  | u | 359,64         | 30992,53       | 190413,84      | 5312,70         |                   | u | 2153,15        | 34120343,57    | 867869,14      | 59181,26        |
|                  | m | 288,00         | 102793,77      | 74134,17       | 8496,00         |                   | m | 288,00         | 487226,14      | 157998,44      | 8544,00         |
| KVB <sub>8</sub> | l | 287,87         | 101571,75      | 73960,49       | 8491,95         | KVB <sub>20</sub> | l | 287,87         | 485489,80      | 157628,30      | 8539,69         |
|                  | u | 288,13         | 104015,80      | 74307,84       | 8500,05         |                   | u | 288,13         | 488962,48      | 158368,59      | 8548,31         |

**Çizelge 4.14 (devam) : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,50$ ).**

| KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> | KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                   | m | 576,00         | 45581,60       | 1974517,18     | 17088,00        |                   | m | 576,00         | 1405,00        | 168191,89      | 8736,00         |
| KVB <sub>9</sub>  | l | 575,75         | 44862,23       | 1969891,46     | 17079,39        | KVB <sub>21</sub> | l | 575,75         | 1387,25        | 167797,86      | 8731,70         |
|                   | u | 576,25         | 46300,97       | 1979142,91     | 17096,61        |                   | u | 576,25         | 1422,75        | 168585,91      | 8740,30         |
|                   | m | 1806,00        | 7853449,17     | 547758,82      | 46498,00        |                   | m | 288,00         | 6330846,07     | 139464,90      | 4272,00         |
| KVB <sub>10</sub> | l | 1802,82        | 7826810,02     | 546475,58      | 46405,44        | KVB <sub>22</sub> | l | 287,87         | 6234369,15     | 139138,17      | 4269,85         |
|                   | u | 1809,18        | 7880088,32     | 549042,06      | 46590,56        |                   | u | 288,13         | 6427322,99     | 139791,63      | 4274,15         |
|                   | m | 576,00         | 599691,32      | 154291,73      | 17088,00        |                   | m | 418,00         | 610909,96      | 233059,28      | 11450,00        |
| KVB <sub>11</sub> | l | 575,75         | 592831,94      | 153930,27      | 17079,39        | KVB <sub>23</sub> | l | 414,94         | 605466,12      | 232513,29      | 11358,70        |
|                   | u | 576,25         | 606550,69      | 154653,19      | 17096,61        |                   | u | 421,06         | 616353,80      | 233605,28      | 11541,30        |
|                   | m | 418,00         | 632360,01      | 255855,54      | 18812,00        |                   |   |                |                |                |                 |
| KVB <sub>12</sub> | l | 416,06         | 624462,75      | 255256,15      | 18726,13        |                   |   |                |                |                |                 |
|                   | u | 419,94         | 640257,26      | 256454,94      | 18897,87        |                   |   |                |                |                |                 |

**Çizelge 4.15 : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,50$ ).**

| KVB              |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> | KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> |
|------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                  | m | 38260,00       | 422,05         | 197,00         | 27021,00        | 68,00           |                   | m | 21631,00       | 1056,47        | 1,00           | 144367,00       | 48,00           |
| KVB <sub>1</sub> | l | 38188,81       | 414,89         | 196,03         | 26940,01        | 67,43           | KVB <sub>13</sub> | l | 21594,99       | 1033,85        | 0,96           | 144131,65       | 47,58           |
|                  | u | 38331,19       | 429,21         | 197,97         | 27101,99        | 68,57           |                   | u | 21667,01       | 1079,09        | 1,04           | 144602,35       | 48,42           |
|                  | m | 1289,00        | 552,33         | 0,00           | 316,00          | 0,00            |                   | m | 13169,00       | 3645,88        | 2045,00        | 31726,00        | 52,00           |
| KVB <sub>2</sub> | l | 1286,15        | 532,34         | 0,00           | 312,34          | 0,00            | KVB <sub>14</sub> | l | 13143,21       | 3577,65        | 2040,97        | 31629,36        | 51,61           |
|                  | u | 1291,85        | 572,32         | 0,00           | 319,66          | 0,00            |                   | u | 13194,79       | 3714,11        | 2049,03        | 31822,64        | 52,39           |
|                  | m | 3568,00        | 9609,09        | 580,00         | 8575,00         | 7,00            |                   | m | 6088,00        | 1136,97        | 0,00           | 18091,00        | 3,00            |
| KVB <sub>3</sub> | l | 3564,19        | 9325,13        | 578,71         | 8559,12         | 6,87            | KVB <sub>15</sub> | l | 6077,83        | 1110,13        | 0,00           | 18052,13        | 2,93            |
|                  | u | 3571,81        | 9893,05        | 581,29         | 8590,88         | 7,13            |                   | u | 6098,17        | 1163,81        | 0,00           | 18129,87        | 3,07            |
|                  | m | 12071,00       | 1206,80        | 300,00         | 23251,00        | 23,00           |                   | m | 270,00         | 1398,61        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
| KVB <sub>4</sub> | l | 12051,90       | 1182,32        | 299,41         | 23183,07        | 22,74           | KVB <sub>16</sub> | l | 269,30         | 1357,83        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
|                  | u | 12090,10       | 1231,28        | 300,59         | 23318,93        | 23,26           |                   | u | 270,70         | 1439,39        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
|                  | m | 506,00         | 1837,19        | 0,00           | 51,00           | 0,00            |                   | m | 17471,00       | 2238,16        | 920,00         | 7658,00         | 9,00            |
| KVB <sub>5</sub> | l | 503,43         | 1790,68        | 0,00           | 49,80           | 0,00            | KVB <sub>17</sub> | l | 17440,63       | 2198,79        | 916,67         | 7636,51         | 8,89            |
|                  | u | 508,57         | 1883,70        | 0,00           | 52,20           | 0,00            |                   | u | 17501,37       | 2277,53        | 923,33         | 7679,49         | 9,11            |
|                  | m | 14246,00       | 839,17         | 1,00           | 20617,00        | 29,00           |                   | m | 4928,00        | 1529,83        | 0,00           | 25809,00        | 6,00            |
| KVB <sub>6</sub> | l | 14212,75       | 821,94         | 0,96           | 20559,27        | 28,74           | KVB <sub>18</sub> | l | 4922,05        | 1496,42        | 0,00           | 25764,60        | 5,90            |
|                  | u | 14279,25       | 856,40         | 1,04           | 20674,73        | 29,26           |                   | u | 4933,95        | 1563,24        | 0,00           | 25853,40        | 6,10            |
|                  | m | 727,00         | 2426,93        | 19,00          | 234,00          | 1,00            |                   | m | 16288,00       | 4312,56        | 1602,00        | 21771,00        | 36,00           |
| KVB <sub>7</sub> | l | 723,82         | 2183,52        | 18,75          | 232,48          | 0,96            | KVB <sub>19</sub> | l | 16267,51       | 4247,72        | 1599,61        | 21733,45        | 35,56           |
|                  | u | 730,18         | 2670,34        | 19,25          | 235,52          | 1,04            |                   | u | 16308,49       | 4377,40        | 1604,39        | 21808,55        | 36,44           |
|                  | m | 1685,00        | 689,52         | 0,00           | 2147,00         | 0,00            |                   | m | 1180,00        | 3636,63        | 344,00         | 1226,00         | 3,00            |
| KVB <sub>8</sub> | l | 1679,91        | 654,13         | 0,00           | 2135,34         | 0,00            | KVB <sub>20</sub> | l | 1177,76        | 3533,33        | 343,14         | 1219,86         | 2,93            |
|                  | u | 1690,09        | 724,91         | 0,00           | 2158,66         | 0,00            |                   | u | 1182,24        | 3739,93        | 344,86         | 1232,14         | 3,07            |

**Çizelge 4.15 (devam) : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,50$ ).**

| KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> | KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                   | m | 5592,00        | 2326,23        | 1,00           | 456,00          | 10,00           |                   | m | 2796,00        | 1814,32        | 0,00           | 37,00           | 2,00            |
| KVB <sub>9</sub>  | l | 5586,23        | 2281,91        | 0,96           | 454,03          | 9,85            | KVB <sub>21</sub> | l | 2793,61        | 1758,19        | 0,00           | 36,50           | 1,94            |
|                   | u | 5597,77        | 2370,55        | 1,04           | 457,97          | 10,15           |                   | u | 2798,39        | 1870,45        | 0,00           | 37,50           | 2,06            |
|                   | m | 6115,00        | 5937,05        | 1597,00        | 21011,00        | 10,00           |                   | m | 443,00         | 5028,86        | 1,00           | 6898,00         | 0,00            |
| KVB <sub>10</sub> | l | 6107,28        | 5810,56        | 1593,55        | 20954,21        | 9,90            | KVB <sub>22</sub> | l | 441,69         | 4869,59        | 0,96           | 6880,05         | 0,00            |
|                   | u | 6122,72        | 6063,54        | 1600,45        | 21067,79        | 10,10           |                   | u | 444,31         | 5188,13        | 1,04           | 6915,95         | 0,00            |
|                   | m | 4780,00        | 1517,56        | 21,00          | 15752,00        | 10,00           |                   | m | 3148,00        | 1707,81        | 239,00         | 5754,00         | 6,00            |
| KVB <sub>11</sub> | l | 4756,99        | 1486,79        | 20,72          | 15672,21        | 9,84            | KVB <sub>23</sub> | l | 3141,45        | 1653,68        | 236,87         | 5737,51         | 5,88            |
|                   | u | 4803,01        | 1548,33        | 21,28          | 15831,79        | 10,16           |                   | u | 3154,55        | 1761,94        | 241,13         | 5770,49         | 6,12            |
|                   | m | 8359,00        | 1032,49        | 160,00         | 2872,00         | 7,00            |                   |   |                |                |                |                 |                 |
| KVB <sub>12</sub> | l | 8348,89        | 999,64         | 159,20         | 2858,86         | 6,88            |                   |   |                |                |                |                 |                 |
|                   | u | 8369,11        | 1065,34        | 160,80         | 2885,14         | 7,12            |                   |   |                |                |                |                 |                 |

**Çizelge 4.16 : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,75$ ).**

| KVB              |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> | KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> |
|------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                  | m | 1501,00        | 1792020,19     | 276705,78      | 58539,00        |                   | m | 1353,00        | 2102840,06     | 500173,95      | 49152,00        |
| KVB <sub>1</sub> | l | 1499,49        | 1789709,95     | 276381,65      | 58480,16        | KVB <sub>13</sub> | l | 1351,98        | 2098605,09     | 499588,07      | 49124,27        |
|                  | u | 1502,51        | 1794330,44     | 277029,90      | 58597,84        |                   | u | 1354,02        | 2107075,04     | 500759,83      | 49179,73        |
|                  | m | 498,00         | 7,00           | 112359,60      | 6832,00         |                   | m | 1179,00        | 4892779,05     | 393837,76      | 34476,00        |
| KVB <sub>2</sub> | l | 497,10         | 6,85           | 112227,98      | 6820,01         | KVB <sub>14</sub> | l | 1177,37        | 4889391,02     | 393376,43      | 34427,97        |
|                  | u | 498,90         | 7,15           | 112491,21      | 6843,99         |                   | u | 1180,63        | 4896167,07     | 394299,08      | 34524,03        |
|                  | m | 951,00         | 6216592,25     | 234171,30      | 23466,00        |                   | m | 576,00         | 27812,33       | 157998,44      | 11904,00        |
| KVB <sub>3</sub> | l | 950,22         | 6200743,13     | 233897,00      | 23458,99        | KVB <sub>15</sub> | l | 575,87         | 27733,26       | 157813,37      | 11879,42        |
|                  | u | 951,78         | 6232441,37     | 234445,60      | 23473,01        |                   | u | 576,13         | 27891,41       | 158183,51      | 11928,58        |
|                  | m | 550,00         | 953526,04      | 315070,21      | 16260,00        |                   | m | 288,00         | 0,00           | 54442,28       | 2134,00         |
| KVB <sub>4</sub> | l | 549,41         | 951614,72      | 314701,15      | 16242,41        | KVB <sub>16</sub> | l | 287,94         | 0,00           | 54378,51       | 2133,45         |
|                  | u | 550,59         | 955437,35      | 315439,27      | 16277,59        |                   | u | 288,06         | 0,00           | 54506,05       | 2134,55         |
|                  | m | 240,00         | 0,00           | 74134,17       | 2112,00         |                   | m | 1022,00        | 2683832,52     | 375767,55      | 29174,00        |
| KVB <sub>5</sub> | l | 239,93         | 0,00           | 74047,33       | 2111,37         | KVB <sub>17</sub> | l | 1020,66        | 2680258,20     | 375327,40      | 29135,84        |
|                  | u | 240,07         | 0,00           | 74221,00       | 2112,63         |                   | u | 1023,34        | 2687406,84     | 376207,71      | 29212,16        |
|                  | m | 914,00         | 2301804,62     | 311595,17      | 28444,00        |                   | m | 576,00         | 152614,62      | 154291,73      | 17088,00        |
| KVB <sub>6</sub> | l | 911,68         | 2299785,15     | 311230,18      | 28387,24        | KVB <sub>18</sub> | l | 575,87         | 151825,78      | 154111,00      | 17083,69        |
|                  | u | 916,32         | 2303824,09     | 311960,16      | 28500,76        |                   | u | 576,13         | 153403,47      | 154472,46      | 17092,31        |
|                  | m | 358,00         | 30745,08       | 189968,80      | 5289,00         |                   | m | 2150,00        | 34008825,31    | 865840,73      | 59045,00        |
| KVB <sub>7</sub> | l | 357,18         | 30621,35       | 189746,28      | 5277,15         | KVB <sub>19</sub> | l | 2148,42        | 33953066,17    | 864826,52      | 58976,87        |
|                  | u | 358,82         | 30868,80       | 190191,32      | 5300,85         |                   | u | 2151,58        | 34064584,44    | 866854,93      | 59113,13        |
|                  | m | 288,00         | 102793,77      | 74134,17       | 8496,00         |                   | m | 288,00         | 487226,14      | 157998,44      | 8544,00         |
| KVB <sub>8</sub> | l | 287,94         | 102182,76      | 74047,33       | 8493,97         | KVB <sub>20</sub> | l | 287,94         | 486357,97      | 157813,37      | 8541,85         |
|                  | u | 288,06         | 103404,79      | 74221,00       | 8498,03         |                   | u | 288,06         | 488094,31      | 158183,51      | 8546,15         |

**Çizelge 4.16 (devam) : Kesin Girdilerin Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,75$ ).**

| KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> | KVB               |   | G <sub>2</sub> | G <sub>3</sub> | G <sub>7</sub> | G <sub>10</sub> |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                   | m | 576,00         | 45581,60       | 1974517,18     | 17088,00        |                   | m | 576,00         | 1405,00        | 168191,89      | 8736,00         |
| KVB <sub>9</sub>  | l | 575,87         | 45221,91       | 1972204,32     | 17083,69        | KVB <sub>21</sub> | l | 575,87         | 1396,12        | 167994,88      | 8733,85         |
|                   | u | 576,13         | 45941,29       | 1976830,04     | 17092,31        |                   | u | 576,13         | 1413,87        | 168388,90      | 8738,15         |
|                   | m | 1806,00        | 7853449,17     | 547758,82      | 46498,00        |                   | m | 288,00         | 6330846,07     | 139464,90      | 4272,00         |
| KVB <sub>10</sub> | l | 1804,41        | 7840129,59     | 547117,20      | 46451,72        | KVB <sub>22</sub> | l | 287,94         | 6282607,61     | 139301,54      | 4270,92         |
|                   | u | 1807,59        | 7866768,75     | 548400,44      | 46544,28        |                   | u | 288,06         | 6379084,53     | 139628,26      | 4273,08         |
|                   | m | 576,00         | 599691,32      | 154291,73      | 17088,00        |                   | m | 418,00         | 610909,96      | 233059,28      | 11450,00        |
| KVB <sub>11</sub> | l | 575,87         | 596261,63      | 154111,00      | 17083,69        | KVB <sub>23</sub> | l | 416,47         | 608188,04      | 232786,29      | 11404,35        |
|                   | u | 576,13         | 603121,00      | 154472,46      | 17092,31        |                   | u | 419,53         | 613631,88      | 233332,28      | 11495,65        |
|                   | m | 418,00         | 632360,01      | 255855,54      | 18812,00        |                   |   |                |                |                |                 |
| KVB <sub>12</sub> | l | 417,03         | 628411,38      | 255555,84      | 18769,07        |                   |   |                |                |                |                 |
|                   | u | 418,97         | 636308,63      | 256155,24      | 18854,93        |                   |   |                |                |                |                 |

**Çizelge 4.17 : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,75$ ).**

| KVB              |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> | KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> |
|------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                  | m | 38260,00       | 422,05         | 197,00         | 27021,00        | 68,00           |                   | m | 21631,00       | 1056,47        | 1,00           | 144367,00       | 48,00           |
| KVB <sub>1</sub> | l | 38224,41       | 418,47         | 196,51         | 26980,51        | 67,71           | KVB <sub>13</sub> | l | 21613,00       | 1045,16        | 0,98           | 144249,32       | 47,79           |
|                  | u | 38295,59       | 425,63         | 197,49         | 27061,49        | 68,29           |                   | u | 21649,00       | 1067,78        | 1,02           | 144484,68       | 48,21           |
|                  | m | 1289,00        | 552,33         | 0,00           | 316,00          | 0,00            |                   | m | 13169,00       | 3645,88        | 2045,00        | 31726,00        | 52,00           |
| KVB <sub>2</sub> | l | 1287,58        | 542,34         | 0,00           | 314,17          | 0,00            | KVB <sub>14</sub> | l | 13156,11       | 3611,76        | 2042,99        | 31677,68        | 51,80           |
|                  | u | 1290,42        | 562,32         | 0,00           | 317,83          | 0,00            |                   | u | 13181,89       | 3680,00        | 2047,01        | 31774,32        | 52,20           |
|                  | m | 3568,00        | 9609,09        | 580,00         | 8575,00         | 7,00            |                   | m | 6088,00        | 1136,97        | 0,00           | 18091,00        | 3,00            |
| KVB <sub>3</sub> | l | 3566,10        | 9467,11        | 579,36         | 8567,06         | 6,93            | KVB <sub>15</sub> | l | 6082,92        | 1123,55        | 0,00           | 18071,56        | 2,97            |
|                  | u | 3569,90        | 9751,07        | 580,64         | 8582,94         | 7,07            |                   | u | 6093,08        | 1150,39        | 0,00           | 18110,44        | 3,03            |
|                  | m | 12071,00       | 1206,80        | 300,00         | 23251,00        | 23,00           |                   | m | 270,00         | 1398,61        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
| KVB <sub>4</sub> | l | 12061,45       | 1194,56        | 299,70         | 23217,03        | 22,87           | KVB <sub>16</sub> | l | 269,65         | 1378,22        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
|                  | u | 12080,55       | 1219,04        | 300,30         | 23284,97        | 23,13           |                   | u | 270,35         | 1419,00        | 0,00           | 0,00            | 0,00            |
|                  | m | 506,00         | 1837,19        | 0,00           | 51,00           | 0,00            |                   | m | 17471,00       | 2238,16        | 920,00         | 7658,00         | 9,00            |
| KVB <sub>5</sub> | l | 504,72         | 1813,94        | 0,00           | 50,40           | 0,00            | KVB <sub>17</sub> | l | 17455,81       | 2218,48        | 918,34         | 7647,25         | 8,95            |
|                  | u | 507,28         | 1860,44        | 0,00           | 51,60           | 0,00            |                   | u | 17486,19       | 2257,84        | 921,66         | 7668,75         | 9,05            |
|                  | m | 14246,00       | 839,17         | 1,00           | 20617,00        | 29,00           |                   | m | 4928,00        | 1529,83        | 0,00           | 25809,00        | 6,00            |
| KVB <sub>6</sub> | l | 14229,37       | 830,55         | 0,98           | 20588,13        | 28,87           | KVB <sub>18</sub> | l | 4925,03        | 1513,12        | 0,00           | 25786,80        | 5,95            |
|                  | u | 14262,63       | 847,79         | 1,02           | 20645,87        | 29,13           |                   | u | 4930,97        | 1546,54        | 0,00           | 25831,20        | 6,05            |
|                  | m | 727,00         | 2426,93        | 19,00          | 234,00          | 1,00            |                   | m | 16288,00       | 4312,56        | 1602,00        | 21771,00        | 36,00           |
| KVB <sub>7</sub> | l | 725,41         | 2305,22        | 18,88          | 233,24          | 0,98            | KVB <sub>19</sub> | l | 16277,75       | 4280,14        | 1600,81        | 21752,22        | 35,78           |
|                  | u | 728,59         | 2548,64        | 19,12          | 234,76          | 1,02            |                   | u | 16298,25       | 4344,98        | 1603,19        | 21789,78        | 36,22           |
|                  | m | 1685,00        | 689,52         | 0,00           | 2147,00         | 0,00            |                   | m | 1180,00        | 3636,63        | 344,00         | 1226,00         | 3,00            |
| KVB <sub>8</sub> | l | 1682,46        | 671,82         | 0,00           | 2141,17         | 0,00            | KVB <sub>20</sub> | l | 1178,88        | 3584,98        | 343,57         | 1222,93         | 2,97            |
|                  | u | 1687,54        | 707,22         | 0,00           | 2152,83         | 0,00            |                   | u | 1181,12        | 3688,28        | 344,43         | 1229,07         | 3,03            |

**Çizelge 4.17 (devam) : Kesin Çıktıların Alt ve Üst Sınır Değerleri ( $\alpha = 0,75$ ).**

| KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> | KVB               |   | C <sub>1</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>7</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>21</sub> |
|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|---|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|                   | m | 5592,00        | 2326,23        | 1,00           | 456,00          | 10,00           |                   | m | 2796,00        | 1814,32        | 0,00           | 37,00           | 2,00            |
| KVB <sub>9</sub>  | l | 5589,11        | 2304,07        | 0,98           | 455,02          | 9,92            | KVB <sub>21</sub> | l | 2794,81        | 1786,26        | 0,00           | 36,75           | 1,97            |
|                   | u | 5594,89        | 2348,39        | 1,02           | 456,98          | 10,08           |                   | u | 2797,19        | 1842,38        | 0,00           | 37,25           | 2,03            |
|                   | m | 6115,00        | 5937,05        | 1597,00        | 21011,00        | 10,00           |                   | m | 443,00         | 5028,86        | 1,00           | 6898,00         | 0,00            |
| KVB <sub>10</sub> | l | 6111,14        | 5873,80        | 1595,28        | 20982,61        | 9,95            | KVB <sub>22</sub> | l | 442,34         | 4949,22        | 0,98           | 6889,03         | 0,00            |
|                   | u | 6118,86        | 6000,30        | 1598,72        | 21039,39        | 10,05           |                   | u | 443,66         | 5108,50        | 1,02           | 6906,97         | 0,00            |
|                   | m | 4780,00        | 1517,56        | 21,00          | 15752,00        | 10,00           |                   | m | 3148,00        | 1707,81        | 239,00         | 5754,00         | 6,00            |
| KVB <sub>11</sub> | l | 4768,50        | 1502,18        | 20,86          | 15712,10        | 9,92            | KVB <sub>23</sub> | l | 3144,73        | 1680,74        | 237,93         | 5745,76         | 5,94            |
|                   | u | 4791,50        | 1532,94        | 21,14          | 15791,90        | 10,08           |                   | u | 3151,27        | 1734,88        | 240,07         | 5762,24         | 6,06            |
|                   | m | 8359,00        | 1032,49        | 160,00         | 2872,00         | 7,00            |                   |   |                |                |                |                 |                 |
| KVB <sub>12</sub> | l | 8353,94        | 1016,07        | 159,60         | 2865,43         | 6,94            |                   |   |                |                |                |                 |                 |
|                   | u | 8364,06        | 1048,91        | 160,40         | 2878,57         | 7,06            |                   |   |                |                |                |                 |                 |

#### 4.6 CCR Modelinin Kurulumu

Bu bölümde, Bulanık Veri Zarflama Analizi kapsamında belirlenen alt sınır ve üst sınır verileri kullanılarak, CCR Modeli (Charnes, Cooper, Rhodes) ayrı ayrı çözümlenecektir. Çözüm süreci MaxDEA yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

##### 4.6.1 Girdi odaklı CCR modellerinin uygulanması

Çizelge 4.18’de girdi odaklı alt etkinlik sonuçları; 0 – 0,25 – 0,50 – 0,75 ve 1  $\alpha$  - kesme seviyelerine göre sunulmaktadır.

**Çizelge 4.18 :** Girdi Odaklı  $\alpha$  - Kesme Seviyeli CCR Alt Etkinlik Skorları.

| KVB                                             | 0      | 0,25   | 0,50   | 0,75   | 1      |
|-------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Acil Servis                                     | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Beslenme ve Diyetetik                           | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Beyin ve Sinir Cerrahisi                        | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Cildiye                                         | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Çocuk Psikiyatri                                | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları                   | 0,7832 | 0,7837 | 0,7842 | 0,7847 | 0,7852 |
| Diş                                             | 0,9259 | 0,9523 | 0,9784 | 1,0000 | 1,0000 |
| Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji | 0,5536 | 0,5582 | 0,5627 | 0,5672 | 0,5715 |
| Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon                  | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Genel Cerrahi                                   | 0,6715 | 0,6711 | 0,6707 | 0,6703 | 0,6700 |
| Göğüs Hastalıkları                              | 0,7797 | 0,7800 | 0,7803 | 0,7807 | 0,7811 |
| Göz Hastalıkları                                | 0,9299 | 0,9316 | 0,9332 | 0,9348 | 0,9365 |
| İç Hastalıkları                                 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Kadın Hastalıkları ve Doğum                     | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Kardiyoloji                                     | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Klinik Psikoloji                                | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Kulak Burun Boğaz                               | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Nöroloji                                        | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Ortopedi ve Travmatoloji                        | 0,5844 | 0,5840 | 0,5835 | 0,5831 | 0,5827 |
| Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi                | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Psikiyatri                                      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Tıbbi Onkoloji                                  | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Üroloji                                         | 0,6995 | 0,7033 | 0,7071 | 0,7109 | 0,7148 |

Çizelge 4.19’da girdi odaklı üst etkinlik sonuçları; 0 – 0,25 – 0,50 – 0,75 ve 1  $\alpha$  - kesme seviyelerine göre sunulmaktadır.

**Çizelge 4.19 : Girdi Odaklı  $\alpha$  - Kesme Seviyeli CCR Üst Etkinlik Skorları.**

| KVB                                             | 0      | 0,25   | 0,50   | 0,75   | 1      |
|-------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Acil Servis                                     | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Beslenme ve Diyetetik                           | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Beyin ve Sinir Cerrahisi                        | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Cildiye                                         | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Çocuk Psikiyatri                                | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları                   | 0,7873 | 0,7868 | 0,7863 | 0,7858 | 0,7852 |
| Diş                                             | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji | 0,5879 | 0,5839 | 0,5799 | 0,5757 | 0,5715 |
| Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon                  | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Genel Cerrahi                                   | 0,6686 | 0,6689 | 0,6693 | 0,6696 | 0,6700 |
| Göğüs Hastalıkları                              | 0,7829 | 0,7824 | 0,7819 | 0,7815 | 0,7811 |
| Göz Hastalıkları                                | 0,9429 | 0,9413 | 0,9397 | 0,9381 | 0,9365 |
| İç Hastalıkları                                 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Kadın Hastalıkları ve Doğum                     | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Kardiyoloji                                     | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Klinik Psikoloji                                | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Kulak Burun Boğaz                               | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Nöroloji                                        | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Ortopedi ve Travmatoloji                        | 0,5811 | 0,5815 | 0,5819 | 0,5823 | 0,5827 |
| Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi                | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Psikiyatri                                      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Tıbbi Onkoloji                                  | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Üroloji                                         | 0,7309 | 0,7269 | 0,7228 | 0,7188 | 0,7148 |

**4.6.2 Çıktı odaklı CCR modellerinin uygulanması**

Çizelge 4.20’de çıktı odaklı alt etkinlik sonuçları; 0 – 0,25 – 0,50 – 0,75 ve 1  $\alpha$  - kesme seviyelerine göre sunulmaktadır.

**Çizelge 4.20 : Çıktı Odaklı  $\alpha$  - Kesme Seviyeli CCR Alt Etkinlik Skorları.**

| KVB                           | 0      | 0,25   | 0,50   | 0,75   | 1      |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Acil Servis                   | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Beslenme ve Diyetetik         | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Beyin ve Sinir Cerrahisi      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Cildiye                       | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Çocuk Psikiyatri              | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları | 0,7832 | 0,7837 | 0,7842 | 0,7847 | 0,7852 |
| Diş                           | 0,9259 | 0,9523 | 0,9784 | 1,0000 | 1,0000 |

**Çizelge 4.20 (devam) : Çıktı Odaklı  $\alpha$  - Kesme Seviyeli CCR Alt Etkinlik Skorları.**

| KVB                                             | 0      | 0,25   | 0,50   | 0,75   | 1      |
|-------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji | 0,5536 | 0,5582 | 0,5627 | 0,5672 | 0,5715 |
| Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon                  | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Genel Cerrahi                                   | 0,6715 | 0,6711 | 0,6707 | 0,6703 | 0,6700 |
| Göğüs Hastalıkları                              | 0,7797 | 0,7800 | 0,7803 | 0,7807 | 0,7811 |
| Göz Hastalıkları                                | 0,9299 | 0,9316 | 0,9332 | 0,9348 | 0,9365 |
| İç Hastalıkları                                 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Kadın Hastalıkları ve Doğum                     | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Kardiyoloji                                     | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Klinik Psikoloji                                | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Kulak Burun Boğaz                               | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Nöroloji                                        | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Ortopedi ve Travmatoloji                        | 0,5844 | 0,5840 | 0,5835 | 0,5831 | 0,5827 |
| Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi                | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Psikiyatri                                      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Tıbbi Onkoloji                                  | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Üroloji                                         | 0,6995 | 0,7033 | 0,7071 | 0,7109 | 0,7148 |

Çizelge 4.21’de çıktı odaklı üst etkinlik sonuçları; 0 – 0,25 – 0,50 – 0,75 ve 1  $\alpha$  - kesme seviyelerine göre sunulmaktadır.

**Çizelge 4.21 : Çıktı Odaklı  $\alpha$  - Kesme Seviyeli CCR Üst Etkinlik Skorları.**

| KVB                                             | 0      | 0,25   | 0,50   | 0,75   | 1      |
|-------------------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Acil Servis                                     | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Beslenme ve Diyetetik                           | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Beyin ve Sinir Cerrahisi                        | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Cildiye                                         | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Çocuk Psikiyatri                                | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları                   | 0,7873 | 0,7868 | 0,7863 | 0,7858 | 0,7852 |
| Diş                                             | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji | 0,5879 | 0,5839 | 0,5799 | 0,5757 | 0,5715 |
| Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon                  | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Genel Cerrahi                                   | 0,6686 | 0,6689 | 0,6693 | 0,6696 | 0,6700 |
| Göğüs Hastalıkları                              | 0,7829 | 0,7824 | 0,7819 | 0,7815 | 0,7811 |
| Göz Hastalıkları                                | 0,9429 | 0,9413 | 0,9397 | 0,9381 | 0,9365 |
| İç Hastalıkları                                 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Kadın Hastalıkları ve Doğum                     | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |

**Çizelge 4.21 (devam) : Çıktı Odaklı  $\alpha$  - Kesme Seviyeli CCR Üst Etkinlik Skorları.**

| KVB                              | 0      | 0,25   | 0,50   | 0,75   | 1      |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Kardiyoloji                      | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Klinik Psikoloji                 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Kulak Burun Boğaz                | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Nöroloji                         | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Ortopedi ve Travmatoloji         | 0,5811 | 0,5815 | 0,5819 | 0,5823 | 0,5827 |
| Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Psikiyatri                       | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Tıbbi Onkoloji                   | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| Üroloji                          | 0,7309 | 0,7269 | 0,7228 | 0,7188 | 0,7148 |

Karabacak ve Kutlu (2024) verilerin belirsizliklerini modelleyebilmek amacıyla alfa kesme yöntemlerini kullanmıştır. Bu kapsamda, farklı kesinlik düzeylerinde ( $\alpha = 0, 0.25, 0.50, 0.75, 1$ ) beş ayrı simülasyon senaryosu oluşturulmuş; her bir senaryoda, ilgili karar verme birimlerine ait alt ve üst sınır etkinlik skorları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Daha sonrasında, elde edilen bu beş senaryoya ilişkin alt ve üst skorların ortalaması alınarak, Chen–Klein İndeksi için tek bir girdi değeri oluşturulmuştur. Bu yaklaşım, hem en kötümser hem de en iyimser senaryoları bütünlendirerek, karar birimlerinin etkinlik performansının belirsizlik içindeki dağılımını daha kapsamlı ve tutarlı bir biçimde değerlendirmeye olanak tanımaktadır.

Çizelge 4.22'de girdi odaklı CCR modelinden elde edilen alt ve üst etkinlik skorlarının ortalamaları sunulurken, Çizelge 4.23'te çıktı odaklı CCR modeline ait alt ve üst etkinlik skorlarının ortalamaları paylaşılmıştır. Bu değerler, sonraki aşamada uygulanacak “Chen & Klein Index” metoduna girdi olarak kullanılacaktır.

**Çizelge 4.22 : Girdi Odaklı CCR Alt ve Üst Etkinlik Skoru Ortalamaları.**

| KVB                                             | Alt Etkinlik Skoru | Üst Etkinlik Skoru |
|-------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Acil Servis                                     | 1,0000             | 1,0000             |
| Beslenme ve Diyetetik                           | 1,0000             | 1,0000             |
| Beyin ve Sinir Cerrahisi                        | 1,0000             | 1,0000             |
| Cildiye                                         | 1,0000             | 1,0000             |
| Çocuk Psikiyatri                                | 1,0000             | 1,0000             |
| Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları                   | 0,7842             | 0,7863             |
| Diş                                             | 0,9713             | 1,0000             |
| Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji | 0,5626             | 0,5798             |
| Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon                  | 1,0000             | 1,0000             |

**Çizelge 4.22 (devam) : Girdi Odaklı CCR Alt ve Üst Etkinlik Skoru Ortalamaları.**

| KVB                              | Alt Etkinlik Skoru | Üst Etkinlik Skoru |
|----------------------------------|--------------------|--------------------|
| Genel Cerrahi                    | 0,6707             | 0,6693             |
| Göğüs Hastalıkları               | 0,7804             | 0,7820             |
| Göz Hastalıkları                 | 0,9332             | 0,9397             |
| İç Hastalıkları                  | 1,0000             | 1,0000             |
| Kadın Hastalıkları ve Doğum      | 1,0000             | 1,0000             |
| Kardiyoloji                      | 1,0000             | 1,0000             |
| Klinik Psikoloji                 | 1,0000             | 1,0000             |
| Kulak Burun Boğaz                | 1,0000             | 1,0000             |
| Nöroloji                         | 1,0000             | 1,0000             |
| Ortopedi ve Travmatoloji         | 0,5835             | 0,5819             |
| Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi | 1,0000             | 1,0000             |
| Psikiyatri                       | 1,0000             | 1,0000             |
| Tıbbi Onkoloji                   | 1,0000             | 1,0000             |
| Üroloji                          | 0,7071             | 0,7228             |

**Çizelge 4.23 : Çıktı Odaklı CCR Alt ve Üst Etkinlik Skoru Ortalamaları.**

| KVB                                             | Alt Etkinlik Skoru | Üst Etkinlik Skoru |
|-------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Acil Servis                                     | 1,0000             | 1,0000             |
| Beslenme ve Diyetetik                           | 1,0000             | 1,0000             |
| Beyin ve Sinir Cerrahisi                        | 1,0000             | 1,0000             |
| Cildiye                                         | 1,0000             | 1,0000             |
| Çocuk Psikiyatri                                | 1,0000             | 1,0000             |
| Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları                   | 0,7842             | 0,7863             |
| Diş                                             | 0,9713             | 1,0000             |
| Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji | 0,5626             | 0,5798             |
| Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon                  | 1,0000             | 1,0000             |
| Genel Cerrahi                                   | 0,6707             | 0,6693             |
| Göğüs Hastalıkları                              | 0,7804             | 0,7820             |
| Göz Hastalıkları                                | 0,9332             | 0,9397             |
| İç Hastalıkları                                 | 1,0000             | 1,0000             |
| Kadın Hastalıkları ve Doğum                     | 1,0000             | 1,0000             |
| Kardiyoloji                                     | 1,0000             | 1,0000             |
| Klinik Psikoloji                                | 1,0000             | 1,0000             |
| Kulak Burun Boğaz                               | 1,0000             | 1,0000             |
| Nöroloji                                        | 1,0000             | 1,0000             |
| Ortopedi ve Travmatoloji                        | 0,5835             | 0,5819             |
| Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi                | 1,0000             | 1,0000             |
| Psikiyatri                                      | 1,0000             | 1,0000             |
| Tıbbi Onkoloji                                  | 1,0000             | 1,0000             |
| Üroloji                                         | 0,7071             | 0,7228             |
| Acil Servis                                     | 1,0000             | 1,0000             |
| Beslenme ve Diyetetik                           | 1,0000             | 1,0000             |

#### 4.7 Bulanık Sıralama Analizi ile Sonuçların Değerlendirilmesi

Bu bölümde, önceki aşamalarda girdi ve çıktı odaklı CCR modelleri yardımıyla belirlenen alt ve üst etkinlik skorları, Chen & Klein yaklaşımına dayanan bulanık sıralama analiziyle tek bir endekse dönüştürülmüştür (Yu ve Su, 2017). Böylelikle, bulanık verilerin getirdiği belirsizlik dikkate alınarak karar verme birimleri (KVB) için daha bütüncül bir sıralama elde edilmiştir.

Chen & Klein yaklaşımının matematiksel gösterimi şu şekildedir:

$$I(\tilde{E}_j) = \sum_{i=0}^n ((E_j)_{\infty i}^U - c) / [ \sum_{i=0}^n ((E_j)_{\infty i}^U - c) - \sum_{i=0}^n ((E_j)_{\infty i}^L - d) ], \quad (4.16)$$

$n \rightarrow \infty$

Chen & Klein yaklaşımının uygulanmasında Python kullanılmıştır. Bu sayede hem hızlı hem de esnek bir hesaplama süreci sağlanmıştır. Çizelge 4.24’de girdi odaklı, Çizelge 4.25’de çıktı odaklı bulanık sıralama sonuçları detaylı biçimde sunulmuştur.

**Çizelge 4.24 : Girdi Odaklı Bulanık Sıralama Analizi Sonuçları.**

| KVB                                             | Chen Klein Skoru |
|-------------------------------------------------|------------------|
| Acil Servis                                     | 1,0000           |
| Beslenme ve Diyetetik                           | 1,0000           |
| Beyin ve Sinir Cerrahisi                        | 1,0000           |
| Cildiye                                         | 1,0000           |
| Çocuk Psikiyatri                                | 1,0000           |
| Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları                   | 0,5089           |
| Diş                                             | 0,9385           |
| Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji | 0,0377           |
| Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon                  | 1,0000           |
| Genel Cerrahi                                   | 0,2446           |
| Göğüs Hastalıkları                              | 0,4996           |
| Göz Hastalıkları                                | 0,8495           |
| İç Hastalıkları                                 | 1,0000           |
| Kadın Hastalıkları ve Doğum                     | 1,0000           |
| Kardiyoloji                                     | 1,0000           |
| Klinik Psikoloji                                | 1,0000           |
| Kulak Burun Boğaz                               | 1,0000           |
| Nöroloji                                        | 1,0000           |
| Ortopedi ve Travmatoloji                        | 0,0442           |
| Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi                | 1,0000           |
| Psikiyatri                                      | 1,0000           |
| Tıbbi Onkoloji                                  | 1,0000           |
| Üroloji                                         | 0,3536           |

**Çizelge 4.25 : Çıktı Odaklı Bulanık Sıralama Analizi Sonuçları.**

| KVB                                             | Chen Klein<br>Skoru |
|-------------------------------------------------|---------------------|
| Acil Servis                                     | 1,0000              |
| Beslenme ve Diyetetik                           | 1,0000              |
| Beyin ve Sinir Cerrahisi                        | 1,0000              |
| Cildiye                                         | 1,0000              |
| Çocuk Psikiyatri                                | 1,0000              |
| Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları                   | 0,5089              |
| Diş                                             | 0,9385              |
| Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji | 0,0377              |
| Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon                  | 1,0000              |
| Genel Cerrahi                                   | 0,2446              |
| Göğüs Hastalıkları                              | 0,4996              |
| Göz Hastalıkları                                | 0,8495              |
| İç Hastalıkları                                 | 1,0000              |
| Kadın Hastalıkları ve Doğum                     | 1,0000              |
| Kardiyoloji                                     | 1,0000              |
| Klinik Psikoloji                                | 1,0000              |
| Kulak Burun Boğaz                               | 1,0000              |
| Nöroloji                                        | 1,0000              |
| Ortopedi ve Travmatoloji                        | 0,0442              |
| Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi                | 1,0000              |
| Psikiyatri                                      | 1,0000              |
| Tıbbi Onkoloji                                  | 1,0000              |
| Üroloji                                         | 0,3536              |

Yu ve Su (2017) Chen & Klein Index değerinin ilgili KVB'nin “bulanık veriler ışığında” ne kadar iyi (veya etkin) olduğuna dair tek bir sayısal ölçüm sağladığından bahsetmektedir. Bu ölçüm, alt ve üst etkinlik değerlerini tek bir endekse dönüştürür ve sonuç olarak değerin büyüklüğü arttıkça KVB'nin “daha iyi” kabul edildiğini göstermektedir.

Chen & Klein Index değeri “1,0” olan birimler; sıralamada en üstte yer almakta ve birbirlerinden ayırt edilemeyecek kadar benzer olmaktadır. Dolayısıyla “1,0” değeri olan birimler için, “hepsi aynı derece en iyi” gibi bir yorum yapmak mümkündür. Öte yandan Chen & Klein Index değeri 1,0'dan küçük olanlar, (1.0 olanlara kıyasla) göreceli olarak daha az etkin olmaktadır. Burada endeksin sayısal olarak küçülmesi, etkinlik sıralamasında düşüş anlamına gelmektedir.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, özel bir hastaneye ait 23 poliklinik için Bulanık Veri Zarflama Analizi (BVZA) yaklaşımı kullanılarak etkinlik ölçümü gerçekleştirilmiştir. Veri toplama ve değişken seçimi aşamasında 10 girdi ve 21 çıktı değişkeniyle başlandıktan sonra, korelasyon analizi yardımıyla girdi sayısı 4, çıktı sayısı ise 5'e indirilmiş ve her bir poliklinik için “0 – 0,25 – 0,5 – 0,75 – 1” alfa kesme değerleri kullanılarak alt sınır - üst sınır etkinlik skorları 5 farklı senaryoda hesaplanmıştır.

Çalışmada toplanan veriler, CCR Modeli temelinde hem girdi odaklı hem de çıktı odaklı olarak analiz edilmiştir. Temel çözümleme MaxDEA paket programı ile yapılmıştır. Çalışmada, hem girdi odaklı hem de çıktı odaklı CCR modelleri her bir alfa kesme değeri için alt ve üst etkinlik hesaplamasında kullanıldıktan sonra, ilgili etkinlik skorlarının ortalamaları alınmış ve bu ortalamalarda Chen & Klein yaklaşımına dayalı bulanık sıralama analiziyle tek bir endekste birleştirilmiştir. Böylece, kötümser, iyimser ve ortalama koşullarda elde edilen skorlar bir arada değerlendirilmiş ve her poliklinik için daha bütüncül bir performans profili çıkartılmıştır.

Chen & Klein endeksine dayalı bulanık sıralama analizi, polikliniklerin genel etkinlik düzeylerini tek bir endeks altında toplamış ve bu sayede hangi birimlerin beklentilerin altında kaldığı net bir şekilde ortaya çıkmıştır. Analizin sonuçlarına göre; Acil Servis, Beslenme ve Diyetetik, Beyin ve Sinir Cerrahisi, Cildiye, Çocuk Psikiyatri, İç Hastalıkları, Kadın Hastalıkları ve Doğum, Kardiyoloji, Klinik Psikoloji, Kulak Burun Boğaz, Nöroloji, Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi, Psikiyatri ile Tıbbi Onkoloji bölümleri her iki modelde de tam etkinliğe (1,00) ulaşırken, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları, Diş, Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji, Ortopedi ve Travmatoloji ile Üroloji gibi bazı bölümlerde alt ve üst etkinlik skorları birbirine yakın, ancak 1'in altında kalmaktadır.

Aşağıda, alt ve üst alfa kesme seviyelerine göre elde edilen ortalama etkinlik skorlarına göre özellikle düşük performans gösteren polikliniklere ilişkin detaylı değerlendirmeler ve öneriler sunulmaktadır:

- Çocuk Sağlığı ve Hastalıklarının Chen & Klein endeksi yaklaşık 0,509 civarındadır ve diğer tam etkin birimlere kıyasla belirgin bir eksiklik olduğu görülmektedir. Bu durum, klinik süreçlerin, hasta kabul protokollerinin ve özellikle pediatrik müdahale süreçlerinin yeniden gözden geçirilmesi gerekliliğini işaret etmektedir. Poliklinik, farklı disiplinlerle daha entegre bir çalışma modeli geliştirerek, hasta yönlendirmeleri ve tedavi süreçlerinin hızlandırılmasını sağlayabilir. Ayrıca, personel dağılımı ve zaman planlamasının optimize edilmesi, klinik çıktının artırılması açısından kritik önem taşımaktadır.
- Enfeksiyon Hastalıkları ve Klinik Mikrobiyoloji çok düşük bir Chen & Klein endeksine (yaklaşık 0,038) sahiptir ve bu da mevcut kaynak kullanımında ve çıktı üretiminde ciddi verimsizlikler yaşandığını göstermektedir.
- Genel Cerrahi bölümünün Chen & Klein endeksinin 0,245 civarında seyrettiği, planlama ve kaynak kullanımında iyileştirmeye açık alanlar barındırdığına işaret etmektedir. Bu bölümde, özellikle ameliyat öncesi ve sonrası süreçlerde, hasta akışının daha etkin yönetilmesi büyük önem taşımaktadır. Mevcut çalışma sonuçları, bölümde yoğunluklu dönemlerde aşırı kaynak kullanımının, düşük yoğunluklu dönemlerde ise atıl kapasitenin söz konusu olduğunu ortaya koymaktadır. Cerrahi operasyonların yoğunluk düzeyine göre yeniden programlanması, hem personel hem de tesis kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayarak, performansın artırılmasına katkıda bulunabilir.
- Göğüs Hastalıklarının performans endeksi yaklaşık 0,500 civarındadır ve mevcut hasta randevu planlamasında ve klinik süreçlerde yeterli verimliliği yakalayamamıştır. Özellikle, randevu kapasitesi yönetimi ve tanı-görüntüleme süreçlerinin optimize edilmesi, bölümün çıktısını artırabilir. Göğüs cerrahisi ve ilgili alt branşlarla kurulacak daha düzenli bir koordinasyon mekanizması, hem klinik sonuçların iyileştirilmesine hem de hasta memnuniyetinin artırılmasına olanak tanıyacaktır.
- Ortopedi ve Travmatoloji bölümünün Chen & Klein endeksinin yalnızca 0,044 civarında olması ilgili bölümün, kaynak kullanımında ciddi verimsizlikler

yaşadığını göstermektedir. Bu bölümde stok ve envanter yönetiminin iyileştirilmesi, hem maliyet hem de zaman açısından verimliliğin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

- Üroloji: Üroloji bölümünde elde edilen Chen & Klein endeksi yaklaşık 0,354 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, bölümün çıktı üretiminde ve kaynak kullanımında eksiklikler bulunduğunu göstermektedir.

Genel olarak, elde edilen çoklu senaryolu analiz sonuçları, hastanenin farklı polikliniklerinin kaynak kullanımı ve çıktı üretiminde belirgin dalgalanmalar bulunduğunu ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, hastane yönetiminin, düşük performans gösteren bölümler için spesifik iyileştirme stratejileri geliştirmesi gerektiğini göstermektedir. Her bir poliklinik için önerilen stratejiler, süreç optimizasyonu, disiplinler arası iş birliği, personel ve kaynak yönetimi gibi alanlarda yenilikçi yaklaşımlarla desteklenmeli; böylece tüm birimlerin tam etkinlik düzeyine ulaşması sağlanmalıdır.

Bununla birlikte, literatürde poliklinik düzeyinde uygulanan VZA veya BVZA çalışmalarının hâlâ sınırlı olduğu gözlenmektedir. Oysa hastane yönetiminde, her bir branşın sahip olduğu farklı hasta profili, maliyet kalemleri ve tedavi yöntemleri, makro düzeyde sağlanan verilerin içinde kolaylıkla gözden kaçabilmektedir. Bu nedenle, gelecekte yapılacak çalışmaların klinik veya poliklinik odaklı incelikli veri toplama süreçlerine eğilmesi, hem uygulama hem de akademik alan için önemli açılımlar sunacaktır. Örneğin, maliyet unsurlarının detaylı alt kırılımları, hasta memnuniyetiyle ilgili anket sonuçları, farklı tedavi protokollerinin klinik performansı (örneğin komplikasyon oranları, ortalama yatış süresi gibi göstergeler) ve personel verimliliği (hekim, hemşire, destek personeli ayrımları) bir arada ele alınarak, çok boyutlu ve bütüncül bir değerlendirme yapılabilir.

Bu kapsamlı analizler, hastanelerin operasyonel verimliliği, kârlılığı, hasta güvenliği, kalite standartları ve stratejik yönetim hedeflerini aynı çerçevede değerlendirme fırsatı sunarak, yönetim kademelerine ölçülebilir ve karşılaştırılabilir performans verileri sağlayacaktır. Özellikle maliyet, kalite, hasta memnuniyeti ve klinik performans değişkenleriyle zenginleştirilmiş modellerin, sadece finansal açıdan değil, hasta odaklı hizmet kalitesini yükseltme ve uzun vadeli sürdürülebilirlik sağlama konusunda da etkili olacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla, gelecekte araştırmacıların bölüm ya da

poliklinik düzeyindeki çalışmalarını artırmaları, hem klinik sahiplerine hem de yönetim profesyonelleri için spesifik ve derinlemesine içgörüler oluşturacaktır. Ayrıca, farklı veri madenciliği teknikleri, çoklu kriterli karar verme yöntemleri veya yapay zekâ destekli yaklaşımlar da bu alanda kullanılabilir, böylece büyük veri kaynaklarından yararlanarak daha hızlı ve daha kapsamlı sonuçlar elde edilebilir. Bu tür araştırmalar sadece kurumsal verimliliği değil, aynı zamanda hasta güvenliği, etik uygulamalar ve personel memnuniyeti gibi konuları da bütüncül biçimde ele alarak, sağlık sistemindeki tüm paydaşların çıkarlarını ve ihtiyaçlarını gözeten çözümler üretecektir. Böylelikle akademik literatür daha zengin, uygulama ise daha etkili bir noktaya taşınacak ve hastaneler kaliteli, ekonomik ve hastaya duyarlı hizmet sunumu konularında karar vericilere çok daha somut verilerle rehberlik edebilecektir.



## KAYNAKLAR

- Afonso, A., & Aubyn, M. S.** (2006). Relative Efficiency of Health Provision: a DEA Approach with Non-discretionary Inputs\*. *ISEG-UTL Economics Working Paper*.
- Ahmed, S., Hasan, M. Z., Laokri, S., Jannat, Z., Ahmed, M. W., Dorin, F., . . . Khan, J. A.** (2019). Technical efficiency of public district hospitals in Bangladesh: a data envelopment analysis. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*.
- Ahmed, S., Hasan, M. Z., MacLennan, M., Dorin, F., Ahmed, M. W., Hasan, M. M., . . . Khan, J. A.** (2019). Measuring the efficiency of health systems in Asia: a data envelopment analysis. *BMJ Open*.
- Akazili, J., Adjuik, M., Jehu-Appiah, C., & Zere, E.** (2008). Using data envelopment analysis to measure the extent of technical efficiency of public health centres in Ghana. *BMC International Health and Human Rights*.
- Alatawi, A. D., Niessen, L. W., & Khan, J. A.** (2020). Efficiency evaluation of public hospitals in Saudi Arabia: an application of data envelopment analysis. *BMJ Open*.
- Aletras, V., Kontodimopoulos, N., Zagouldoudis, A., & Niakas, D.** (2007). The short-term effect on technical and scale efficiency of establishing regional health systems and general management in Greek NHS hospitals. *Health Policy*, 236-245.
- Alfiero, S., Brescia, V., & Bert, F.** (2021). Intellectual capital-based performance improvement: a study in healthcare sector. *BMC Health Services Research*.
- Almeida, A.** (2024). The trade-off between health system resiliency and efficiency evidence from COVID-19 in European regions. *The European Journal of Health Economics*.
- Al-Shammari, M.** (1999). A multi-criteria data envelopment analysis model for measuring the productive efficiency of hospitals. *International Journal of Operations & Production Management*, 879-890.
- Al-Shayea, A. M.** (2011). Measuring hospital's units efficiency: A data envelopment analysis approach. *International Journal of Engineering & Technology*, 7-19.
- Ancarani, A., Mauro, C. D., & Giammanco, M.** (2009). The impact of managerial and organizational aspects on hospital wards' efficiency: Evidence from a case study. *European Journal of Operational Research*, 280–293.

- Antunes, J., Hadi-Vencheh, A., Jamshidi, A., Tan, Y., & Wanke, P.** (2023). TEA-IS: A hybrid DEA-TOPSIS approach for assessing performance and synergy in Chinese health care. *Decision Support Systems*.
- Athanassopoulos, A., Gounaris, C., & Sissouras, A.** (1999). A descriptive assessment of the production and cost efficiency of general hospitals in Greece. *Health Care Management Science*, 97-106.
- Azadi, M., Moghaddas, Z., Saen, R. F., Gunasekaran, A., Mangla, S. K., & Ishizaka, A.** (2023). Using network data envelopment analysis to assess the sustainability and resilience of healthcare supply chains in response to the COVID-19 pandemic. *Annals of Operations Research*, 107–150.
- Azadi, M., Yousefi, S., Saen, R. F., Shabanpour, H., & Jabeen, F.** (2023). Forecasting sustainability of healthcare supply chains using deep learning and network data envelopment analysis. *Journal of Business Research*.
- Bağrıyanık, O. İ.** (2015). PERAKENDE SEKTÖRÜNDE BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE MAĞAZA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ.
- Banker, R., Charnes, A., & Cooper, W.** (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*.
- Ben-Arieh, D., & Gullipalli, D. K.** (2012). Data Envelopment Analysis of clinics with sparse data: Fuzzy clustering approach q. *Computers & Industrial Engineering*, 13–21.
- Bhat, V. N.** (2005). Institutional arrangements and ef fi cien cy of health care delivery systems. *The European Journal of Health Economics*, 215-222.
- Biorn, E., Hagen, T. P., & Iversen, T.** (2003). The Effect of Activity-Based Financing on Hospital Efficiency: A Panel Data Analysis of DEA Efficiency Scores 1992–2000. *Health Care Management Science*, 271-283.
- Charnes, A., Cooper, C., & Rhodes, E.** (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*.
- Chen, Y., Wang, J., Zhu, J., Sherman, H. D., & Chou, S.-Y.** (2019). How the Great Recession affects performance: a case of Pennsylvania hospitals using DEA. *Annals of Operations Research*, 77-99.
- Cheng, Z., Cai, M., Tao, H., He, Z., Lin, X., & Lin, H.** (2016). Efficiency and productivity measurement of rural township hospitals in China: a bootstrapping data envelopment analysis. *BMJ Open*.
- Chilingerian, J. A.** (1995). Evaluating physician efficiency in hospitals: A multivariate analysis of best practices. *European Journal of Operational Research*, 548-574.
- Chirikos, T. N., & Sear, A. M.** (2000). Measuring Hospital Efficiency: A Comparison of Two Approaches. *Health Services Research*, 1389-1408.

- Chowdhury, H., & Zelenyuk, V.** (2016). Performance of hospital services in Ontario: DEA with truncated regression approach. *Omega*, 111-122.
- Cinaroglu, S.** (2023). Fuzzy Efficiency Estimates of the Turkish Health System: A Comparison of Interval, Bias-Corrected, and Fuzzy Data Envelopment Analysis. *International Journal of Fuzzy Systems*, 2356–2379.
- Cinaroglu, S.** (2024). Efficiency effects of public hospital closures in the context of public hospital reform: a multistep efficiency analysis. *Health Care Management Science*, 88–113.
- Cook, W. D., & Seiford, L. M.** (2009). Data envelopment analysis (DEA) – Thirty years on. *European Journal of Operational Research*.
- Cook, W. D., Kress, M., & Seiford, L. M.** (1993). On the Use of Ordinal Data in Data Envelopment Analysis. *Journal of the Operational Research Society*.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K.** (2007). DATA ENVELOPMENT ANALYSIS A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. *Springer*.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Zhu, J.** (2011). Handbook on Data Envelopment Analysis. *Springer*.
- Cooper, W., Park, K., & Yu, G.** (1999). IDEA and AR-IDEA: Models for dealing with imprecise data in DEA. *Management Science*.
- Çidem, Ş.** (2019). Etkinlik Ölçümünde Bulanık Veri Zarflama Analizi: İç Anadolu Bölgesinde Bulunan Ağız ve Diş Sağlığı Merkezlerinde Bir Uygulama.
- Despotis, D. K., & Smirlis, Y. G.** (2002). Data envelopment analysis with imprecise data. *European Journal of Operational Research*.
- Dlouhý, M., & Havlík, P.** (2024). Efficiency evaluation of 28 health systems by MCDA and DEA. *Health Economics Review*.
- Dotoli, M., Epicoco, N., Falagario, M., & Sciancalepore, F.** (2015). A cross-efficiency fuzzy Data Envelopment Analysis technique for performance evaluation of Decision Making Units under uncertainty. *Computers & Industrial Engineering*, 103–114.
- Ersoy, K., Kavuncubasi, S., Ozcan, Y. A., & Harris, J. M.** (1997). Technical Efficiencies of Turkish Hospitals: DEA Approach. *Journal of Medical Systems*, 67-74.
- Farrell, M. J.** (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*.
- Gannon, B.** (2005). Testing for Variation in Technical Efficiency of Hospitals in Ireland. *The Economic and Social Review*, 273-294.
- Geller, A. N.** (1985). Tracking the Critical Success Factors for Hotel Companies. *Cornell Hospitality Quarterly*.
- Gholami, R., Higón, D. A., & Emrouznejad, A.** (2015). Hospital performance: Efficiency or quality? Can we have both with IT? *Expert Systems with Applications*, 5390–5400.

- Giokas, D. I.** (2001). Greek hospitals: how well their resources are used. *Omega*, 73-83.
- Gok, M. S., & Sezen, B.** (2013). Analyzing the ambiguous relationship between efficiency, quality and patient satisfaction in healthcare services: The case of public hospitals in Turkey. *Health Policy*, 290–300.
- Guerrini, A., Romano, G., Campedelli, B., Moggi, S., & Leardini, C.** (2018). Public vs. Private in Hospital Efficiency: Exploring Determinants in a Competitive Environment. *International Journal of Public Administration*, 181-189.
- Guo, P., & Tanaka, H.** (2001). Fuzzy DEA: a perceptual evaluation method. *Fuzzy Sets and Systems*, 149-160.
- Güneş, T.** (2006). BULANIK VERİ ZARFLAMA ANALİZİ.
- Habib, A. M., & Shahwan, T. M.** (2020). Measuring the operational and financial efficiency using a Malmquist data envelopment analysis: a case of Egyptian hospitals. *Benchmarking: An International Journal*, 2521-2536.
- Hajiagha, S. H., Mahdiraji, H. A., Hashemi, S. S., Garza-Reyes, J. A., & Joshi, R.** (2023). Public Hospitals Performance Measurement through a Three-Stage Data Envelopment Analysis Approach: Evidence from an Emerging Economy. *Cybernetics and Systems*.
- HU, H.-H., QI, Q., & YANG, C.-H.** (2012). Analysis of hospital technical efficiency in China: Effect of health insurance reform. *China Economic Review*, 865–877.
- Ibrahim, M. D., & Daneshvar, S.** (2018). Efficiency Analysis of Healthcare System in Lebanon Using Modified Data Envelopment Analysis. *Journal of Healthcare Engineering*.
- İlgün, G., Sonmez, S., Konca, M., & Yetim, B.** (2022). Measuring the efficiency of Turkish maternal and child health hospitals: A two-stage data envelopment analysis. *Evaluation and Program Planning*.
- Izadikhah, M.** (2022). A fuzzy stochastic slacks-based data envelopment analysis model with application to healthcare efficiency. *Healthcare Analytics*.
- Ji, A.-b., Qiao, Y., & Liu, C.** (2019). Fuzzy DEA-based classifier and its applications in healthcare management. *Health Care Management Science*, 560–568.
- Jia, T., & Yuan, H.** (2017). The application of DEA (Data Envelopment Analysis) window analysis in the assessment of influence on operational efficiencies after the establishment of branched hospitals. *BMC Health Services Research*.
- Kamel, M. A., & Mousa, M. E.-S.** (2021). Measuring operational efficiency of isolation hospitals during COVID-19 pandemic using data envelopment analysis: a case of Egypt. *Benchmarking: An International Journal*, 2178-2201.
- Kao, C., & Liu, S.-T.** (2000). Fuzzy efficiency measures in data envelopment analysis. *Fuzzy Sets and Systems*, 427-437.

- Karabacak, E., & Kutlu, H. A.** (2024). Evaluating the Efficiencies of Logistics Centers with Fuzzy Logic: The Case of Turkey. *Sustainability*.
- Kawaguchi, H., Tone, K., & Tsutsui, M.** (2014). Estimation of the efficiency of Japanese hospitals using a dynamic and network data envelopment analysis model. *Health Care Management Science*, 101-112.
- Khushalani, J., & Ozcan, Y. A.** (2017). Are hospitals producing quality care efficiently? An analysis using Dynamic Network Data Envelopment Analysis (DEA). *Socio-Economic Planning Sciences*, 15-23.
- Kirigia, J. M., Emrouznejad, A., & Sambo, L. G.** (2002). Measurement of Technical Efficiency of Public Hospitals in Kenya: Using Data Envelopment Analysis. *Journal of Medical Systems*, 39-45.
- Kirigia, J. M., Emrouznejad, A., Sambo, L. G., Munguti, N., & Liambila, W.** (2004). Using Data Envelopment Analysis to Measure the Technical Efficiency of Public Health Centers in Kenya. *Journal of Medical Systems*, 155-166.
- Kristensen, T., Bogetoft, P., & Pedersen, K. M.** (2010). Potential gains from hospital mergers in Denmark. *Health Care Management Science*, 334–345.
- Lamesgen, A., Mengist, B., Mazengia, E. M., & Endalew, B.** (2024). Level of technical efficiency and associated factors among health centers in East Gojjam Zone, Northwest Ethiopia: an application of the data envelopment analysis. *BMC Health Services Research*.
- Lertworasirikula, S., Fanga, S.-C., Joines, J. A., & Nuttle, H. L.** (2003). Fuzzy data envelopment analysis (DEA): a possibility approach. *Fuzzy Sets and Systems*, 379–394.
- Li, Q., Wei, J., Jiang, F., Zhou, G., Jiang, R., Chen, M., . . . Hu, W.** (2020). Equity and efficiency of health care resource allocation in Jiangsu Province, China. *International Journal for Equity in Health*.
- Lin, C.-S., Chiu, C.-M., Huang, Y.-C., Lang, H.-C., & Chen, M.-S.** (2021). Evaluating the Operational Efficiency and Quality of Tertiary Hospitals in Taiwan: The Application of the EBITDA Indicator to the DEA Method and TOBIT Regression. *Healthcare*.
- Lindaas, N. A., Anthun, K. S., & Magnussen, J.** (2024). New Public Management and hospital efficiency: the case of Norwegian public hospital trusts. *BMC Health Services Research*, 24-36.
- Linna, M.** (1998). MEASURING HOSPITAL COST EFFICIENCY WITH PANEL DATA MODELS. *ECONOMETRICS AND ECONOMICS*, 415-427.
- Liu, H., Wu, W., & Yao, P.** (2022). Assessing the financial efficiency of healthcare services and its influencing factors of financial development: fresh evidences from three-stage DEA model based on Chinese provincial level data. *Environmental Science and Pollution Research*.
- Magnussen, J.** (1996). Efficiency Measurement and the Operationalization of Hospital Production. *Health Services Research*, 21-37.
- Mahboub-Ahar, A., Khanlari, S., Yusefzadeh, H., & Ghorbani, A.** (2024). Cost and efficiency analysis in Iranian primary health centers: a micro

costing and data envelopment analysis. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*.

- Marschall, P., & Flessa, S.** (2011). Efficiency of primary care in rural Burkina Faso. A two-stage DEA analysis. *Health Economics Review*.
- Masiye, F.** (2007). Investigating health system performance: An application of data envelopment analysis to Zambian hospitals. *BMC Health Services Research*, 7-58.
- Miszczynska, K., & Miszczynski, P. M.** (2022). Measuring the efficiency of the healthcare sector in Poland – a window-DEA evaluation. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2743-2770.
- Mitropoulos, P.** (2021). Production and quality performance of healthcare services in EU countries during the economic crisis. *Operational Research*, 857–873.
- Mitropoulos, P., Mitropoulos, I., & Sissouras, A.** (2013). Managing for efficiency in health care: the case of Greek public hospitals. *The European Journal of Health Economics*, 929–938.
- Nayar, P., & Ozcan, Y. A.** (2008). Data Envelopment Analysis Comparison of Hospital Efficiency and Quality. *Journal of Medical Systems*, 193-199.
- O'Neill, L.** (1998). Multifactor efficiency in Data Envelopment Analysis with an application to urban hospitals. *Health Care Management Science*, 19-27.
- Omran, H., Alizadeh, A., Emrouznejad, A., & Teplova, T.** (2022). A robust credibility DEA model with fuzzy perturbation degree: An application to hospitals performance. *Expert Systems With Applications*.
- Omran, H., K. S., & Emrouznejad, A.** (2018). An integrated fuzzy clustering cooperative game data envelopment analysis model with application in hospital efficiency. *Expert Systems With Applications*, 615–628.
- Orsini, L. P., Leardini, C., Vernizzi, S., & Campedelli, B.** (2021). Inefficiency of public hospitals: a multistage data envelopment analysis in an Italian region. *BMC Health Services Research*.
- Oruç, K. O.** (2008). Veri Zarflama Analizi ile Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama.
- Ozcan, Y. A.** (1995). Efficiency of Hospital Service Production in Local Markets: The Balance Sheet of U.S. Medical Armament. *Socio-Economic Planning Sciences*, 139-150.
- Panwar, A., Olfati, M., Pant, M., & Snasel, V.** (2022). A Review on the 40 Years of Existence of Data Envelopment Analysis Models: Historic Development and Current Trends. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 5397–5426.
- Parkin, D., & Hollingsworth, B.** (1997). Measuring production efficiency of acute hospitals in Scotland, 1991-94: validity issues in data envelopment analysis. *Applied Economics*, 1425-1433.
- Pederneirasa, Y. M., Pereira, M. A., & Figueiraa, J. R.** (2023). Are the Portuguese public hospitals sustainable? A triple bottom line hybrid data

- envelopment analysis approach. *International Transactions in Operational Research*, 453–475.
- Pereira, M. A., Dinis, D. C., Ferreira, D. C., Figueira, J. R., & Marques, R. C.** (2022). A network Data Envelopment Analysis to estimate nations' efficiency in the fight against SARS-CoV-2. *Expert Systems With Applications*.
- Pereira, M. A., Ferreira, D. C., Figueira, J. R., & Marques, R. C.** (2021). Measuring the efficiency of the Portuguese public hospitals: A value modelled network data envelopment analysis with simulation☆. *Expert Systems With Applications*.
- Peykani, P., Memar-Masjed, E., Arabjazi, N., & Mirmozaffari, M.** (2022). Dynamic Performance Assessment of Hospitals by Applying Credibility-Based Fuzzy Window Data Envelopment Analysis. *Healthcare*.
- Peykani, P., Mohammadi, E., Emrouznejad, A., Pishvae, M. S., & Rostamy-Malkhalifeh, M.** (2019). Fuzzy data envelopment analysis: An adjustable approach. *Expert Systems With Applications*, 439–452.
- Ray, S. C.** (2004). Data Envelopment Analysis Theory and Techniques for Economics and Operations Research. *Cambridge University Press*.
- Retzlaff-Roberts, D., Chang, C. F., & Rubin, R. M.** (2004). Technical efficiency in the use of health care resources: a comparison of OECD countries. *Health Policy*, 55–72.
- Robert Stefko, B. G.** (2018). Healthcare efficiency assessment using DEA analysis in the Slovak Republic. *Health Economics Review*.
- Rouyendegh, B. D., Oztekin, A., Ekong, J., & Dag, A.** (2019). Measuring the efficiency of hospitals: a fully-ranking DEA–FAHP approach. *Annals of Operations Research*, 361–378.
- See, K. F., Hamzah, N. M., & Yu, M.-M.** (2024). Multi-period state healthcare efficiency for heterogeneous parallel hospital units. *Socio-Economic Planning Sciences*.
- Sengupta, J. K.** (1992). A Fuzzy System Approach in Data Envelopment Analysis. *Computers and Mathematics with Applications*.
- Sharman, H. D., & Gold, F.** (1985). Bank Branch Operating Efficiency. *J Banking and Finance*.
- Shimshak, D. G., Lenard, M. L., & Klimberg, R. K.** (2009). Incorporating quality into data envelopment analysis of nursing home performance: A case study. *Omega*, 672–685.
- Sola, M., & Prior, D.** (2001). MEASURING PRODUCTIVITY AND QUALITY CHANGES USING DATA ENVELOPMENT ANALYSIS: AN APPLICATION TO CATALAN HOSPITALS. *Financial Accountability & Management*, 219–245.
- Sommersguter-Reichmann, M.** (2000). The impact of the Austrian hospital financing reform on hospital productivity: empirical evidence on

- efficiency and technology changes using a non-parametric input-based Malmquist approach. *Health Care Management Science*, 309–321.
- Steinmann, L., & Zweifel, P.** (2003). On the (in)efficiency of Swiss hospitals. *Applied Economics*, 361–370.
- Taleb, M., Khalid, R., Ramli, R., & Nawawi, M. K.** (2023). An integrated approach of discrete event simulation and a non-radial super efficiency data envelopment analysis for performance evaluation of an emergency department. *Expert Systems With Applications*.
- Thanassoulis, E., Boussofiane, A., & Dyson, R. G.** (1996). A Comparison of Data Envelopment Analysis and Ratio Analysis as Tools for Performance Assessment. *Omega*, 229–244.
- Tlotlego, N., Nonvignon, J., Sambo, L. G., Asbu, E. Z., & Kirigia, J. M.** (2010). Assessment of productivity of hospitals in Botswana: A DEA application. *International Archives of Medicine*, 3–27.
- Top, M., Konca, M., & Sapaz, B.** (2020). Technical efficiency of healthcare systems in African countries: An application based on data envelopment analysis. *Health Policy and Technology*, 62–68.
- TORABIPOUR, A., NAJARZADEH, M., ARAB, M., FARZIANPOUR, F., & GHASEMZADEH, R.** (2014). Hospitals Productivity Measurement Using Data Envelopment Analysis Technique. *Iranian Journal of Public Health*, 1576–1581.
- Visintin, F., Aloini, D., Gitto, S., Vannelli, S., & Feo, D. D.** (2024). Efficiency in radiology departments: a two-stage analysis. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 481–502.
- Yang, W., Cai, L., Edalatpanah, S. A., & Smarandache, F.** (2020). Triangular Single Valued Neutrosophic Data Envelopment Analysis: Application to Hospital Performance Measurement. *Symmetry*.
- Yu, M.-C., & Su, M.-H.** (2017). Using Fuzzy DEA for Green Suppliers Selection Considering Carbon Footprints. *Sustainability*.
- Zare, H., Tavana, M., Mardani, A., Masoudian, S., & Saraji, M. K.** (2019). A hybrid data envelopment analysis and game theory model for performance measurement in healthcare. *Health Care Management Science*, 475–488.
- Zeng, Z., Yu, X., Tao, W., Feng, W., & Zhang, W.** (2024). Efficiency evaluation and promoter identification of primary health care system in China: an enhanced DEA-Tobit approach. *BMC Health Services Research*.
- Zere, E., Mbeeli, T., Shangula, K., Mandlhate, C., Mutirua, K., Tjivambi, B., & Kapenambili, W.** (2006). Technical efficiency of district hospitals: Evidence from Namibia using Data Envelopment Analysis. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*.

## **EKLER**

**EK A:** Sağlıkta ve Hastanelerde Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

**EK B:** Chen & Klein Yaklaşımı Python kodu



## EK A

**Çizelge A.1 : Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.**

| Çalışma                        | Dergi                                                       | VZA Modeli                                                                                                                  | Girdiler                                                                                                                                           | Çıktılar                                                                                                                                                                              | Örneklem Büyüklüğü | Ülke       |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------|
| Chilingirian (1995)            | European journal of operational research                    | CCR ve BCC                                                                                                                  | Hastaların hastanede kalış süresi, Ek hizmetler için yapılan harcamalar                                                                            | Düşük ciddiyetli vaka sayısı, Yüksek ciddiyetli vaka sayısı                                                                                                                           | 36 x 2 x 2         | ABD        |
| Magnussen (1996)               | Health Services Research                                    | CCR ve BCC                                                                                                                  | Hekim ve Hemşire Sayısı, Diğer Personel Sayısı, Yatak Sayısı                                                                                       | Tıbbi Günler, Cerrahi Günler, Basit Günler, Karmaşık Günler, Tıbbi Hastalar, Cerrahi Hastalar, Uzun Süreli Bakım Günleri, Ayakta Tedavi Ziyaretleri                                   | 138 x 3 x 8        | Norveç     |
| Parkin ve Hollingsworth (1997) | Applied economics                                           | CCR ve BCC                                                                                                                  | Ortalama yatak sayısı, Hemşire sayısı, Teknik/İdari ve Diğer personel sayısı, Diş hekimliği personeli sayısı, İlaç maliyetleri ve Sermaye maliyeti | Akut tıbbi taburcu sayısı, Akut cerrahi taburcu sayısı, Acil servis başvuru sayısı, Poliklinik başvuru sayısı, Kadın hastalıkları ve doğum taburcu sayısı, Diğer branş taburcu sayısı | 75 x 6 x 6         | İskoçya    |
| Linna (1998)                   | Econometrics and Economics                                  | Ölçeğe göre sabit ve değişken getirili Çağdaş VZA modeli<br>Ölçeğe göre sabit ve değişken getirili Zamanlararası VZA modeli | İşçinin saatlik ortalama ücret oranı, Yerel yönetim sağlık harcamaları için yıllık fiyat endeksi                                                   | Acil ziyaretleri, Planlı ve takip ziyaretleri, Toplam yatış sayısı, Yatış günü, Eğitim değişkenleri, Araştırma değişkeni                                                              | 43 x 2 x 6         | Finlandiya |
| Al-Shammari (1999)             | International Journal of Operations & Production Management | Çok Kriterli CCR                                                                                                            | Yatış günü sayısı, Doktor sayısı, Sağlık personeli sayısı                                                                                          | Hasta sayısı, Küçük ameliyat sayısı, Büyük ameliyat sayısı                                                                                                                            | 15 x 3 x 3         | Ürdün      |

**Çizelge A.1 (devam) : Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.**

| Çalışma                  | Dergi                          | VZA Modeli | Girdiler                                                                                                                                                                                                                                                         | Çıktılar                                                                                                                                                                                                                     | Örneklem Büyüklüğü | Ülke                 |
|--------------------------|--------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|
| Chirikos ve Sear (2000)  | Health services research       | CCR        | Hasta bakım faaliyeti maaşları, Hasta bakım dışı faaliyet maaşları, Sabit varlık için sermaye maliyeti, Amortisman gideri, Faiz giderleri, Diğer masraflar                                                                                                       | Hasta başına yatış günü (ilk gün), Sağlık sigortası sonrası yatış günleri, Tıbbi yardım sonrası yatış günleri, Özel ödeme kapsamındaki yatış günleri, Ayakta hasta hizmetleri, Acil servis eşdeğerli ayakta hasta hizmetleri | 186 x 6 x 6        | ABD                  |
| Giokas (2001)            | Omega                          | CCR        | Toplam maliyet                                                                                                                                                                                                                                                   | Tıbbi bakımda geçirilen hasta günleri sayısı, Cerrahi bakımda geçirilen hasta günleri sayısı, Ayakta hasta ziyaretleri, Destekleyici hizmetler                                                                               | 91 x 1 x 4         | Yunanistan           |
| Kirigia ve diğ. (2002)   | Journal of Medical Systems     | CCR ve BCC | Doktorlar/Eczacılar/Dış Hekimleri, Klinik Memurları, Hemşireler, İdari Personel, Teknisyenler/Teknologlar, Diğer Teknik Personel, Alt Kademe Personeli, İlaç maliyeti, İlaç dışı malzeme maliyeti, Ekipman/araçlar/binaların bakım maliyetleri, Gıda maliyetleri | Ayakta Tedavi ziyaretleri, Özel Klinik Ziyaretleri, Çocuk Sağlığı/Aile Planlaması ziyaretleri, Dış Tedavi Ziyaretleri, Genel Tıbbi Hasta Yatışları, Pediatri Hasta Yatışları, Doğum Hasta Yatışları                          | 54 x 11 x 7        | Kenya                |
| Biørn ve diğ. (2003)     | Health Care Management Science | CCR        | Doktor sayısı, Diğer çalışan sayısı, Tıbbi Harcamalar, Çalışma Giderleri                                                                                                                                                                                         | Taburcu edilen hasta sayısı, Ayakta tedavi ziyaret sayısı                                                                                                                                                                    | 48 x 4 x 2         | Norveç               |
| Magnussen ve diğ. (2004) | Health policy                  | BCC        | Yatak sayısı, MR cihazı sayısı, Hekim sayısı, Sağlık harcamalarının GSYİH oranı, Beklenen eğitim süresi, Gini katsayısı, Sigara kullanım oranı                                                                                                                   | Bebek ölüm oranı, Doğumda beklenen yaşam süresi                                                                                                                                                                              | 27 x 7 x 2         | Uluslararası Çalışma |

**Çizelge A.1 (devam) : Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.**

| Çalışma                 | Dergi                                    | VZA Modeli                                  | Girdiler                                                                                                           | Çıktılar                                                                                                                                                      | Örneklem Büyüklüğü             | Ülke                 |
|-------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Bhat (2005)             | The European Journal of Health Economics | CCR                                         | Pratisyen hekim sayısı, Hemşire sayısı, Yatak sayısı, Harcanan ilaçlar                                             | 0–19 Yaş Grubu Nüfusu, 20–64 Yaş Grubu Nüfusu, 65 ve Üzeri Yaş Grubu Nüfusu                                                                                   | 24 x 4 x 3                     | Uluslararası Çalışma |
| Afonso ve St-Aubyn 2006 | ISEG-UTL economics working paper         | İki aşamalı Önyükleme Veri Zarflama Analizi | Doktor sayısı, Hemşire sayısı, Hastane yatak sayısı, Manyetik Rezonans sayısı                                      | Yaşam beklentisi, Bebek hayatta kalma oranı, Kayıp olmayan potansiyel yaşam yılları                                                                           | 30 x 4 x 3                     | Uluslararası Çalışma |
| Masiye (2007)           | BMC Health services research             | CCR ve BCC                                  | İşgücü dışı harcamalar, Tıbbi doktor sayısı, Diğer sağlık personeli sayısı, İdari ve diğer destek personeli sayısı | Poliklinik ziyaret sayısı, Yatış günü sayısı, Doğum sayısı, Yapılan laboratuvar işlemleri                                                                     | 30 x 4 x 4                     | Zambiya              |
| Nayar ve Ozcan (2008)   | Journal of Medical Systems               | CCR                                         | Hastane Yatak Sayısı, Personel Harici Giderler, Toplam Varlıklar, Tam Zamanlı Eşdeğer Personel Sayısı              | Ayaktan hasta sayısı, Taburcu edilen hasta sayısı, Eğitim gören profesyonel sayısı, İlk Antibiyotik Zamanlaması, Oksijenasyon Değerlendirmesi, Pnömonik Aşısı | 53 x 4 x 3 (+3 Kalite Çıktısı) | ABD                  |
| Tlotlego ve diğ. (2010) | International Archives of Medicine       | Malmquist VZA                               | Klinik Personel Sayısı, Hastane Yatak Sayısı                                                                       | Poliklinik Ziyaret Sayısı, Yatan Hasta Günleri                                                                                                                | 21 x 2 x 2                     | Botsvana             |

**Çizelge A.1 (devam) : Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.**

| Çalışma                  | Dergi                              | VZA Modeli                        | Girdiler                                                                                                                                                                                                              | Çıktılar                                                                                                                                                           | Örneklem Büyüklüğü | Ülke         |
|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------|
| Marschall (2011)         | Health Economics Review            | İki aşamalı Veri Zarflama Analizi | Personel maliyetleri, Bina alanı, Ekipman amortismanı, Aşılama maliyetleri                                                                                                                                            | Genel muayene sayısı, Doğum sayısı, Aşılama hizmetleri sayısı, Özel hizmetler sayısı                                                                               | 25 x 4 x 4         | Burkina Faso |
| Hu ve diğ. (2012)        | China Economic Review              | CCR                               | Doktor sayısı, Sağlık teknikeri sayısı, Diğer personel sayısı, Hastane yatak sayısı, Sabit Varlıklar                                                                                                                  | Ayakta hasta ve acil servis ziyaretlerinin toplamı, Yatan hasta gün sayısı, Hasta ölüm oranı                                                                       | 30 x 5 x 3         | Çin          |
| Gok ve Sezen (2013)      | Health Policy                      | CCR ve BCC                        | Hastane yatak sayısı, Uzman hekim sayısı, Uzman olmayan hekim sayısına                                                                                                                                                | Yatak doluluk oranı, Yatak devir hızı, Toplam cerrahi operasyon sayısı, Doğum sayısı, Toplam ayakta tedavi sayısı, Ortalama hastanede kalış süresi, Taburcu sayısı | 348 x 3 x 7        | Türkiye      |
| Kawaguchi ve diğ. (2014) | Health care management science     | Dinamik-Ağ VZA                    | İdari personel sayısı, Bakım personeli sayısı, Yıllık faiz maliyeti, Belediye tarafından sağlanan sübvansiyon miktarı, Tıbbi giderler – Doktor sayısı, Hemşire sayısı, Yardımcı hemşire sayısı, Tıbbi Teknolog sayısı | Tıbbi gelir, Ameliyat günü başına yatan hasta sayısı, Ayakta hasta sayısı, Acil servis yatak sayısı                                                                | 112 x 9 x 4        | Japonya      |
| Dotoli ve diğ. (2015)    | Computers & Industrial Engineering | Çapraz Verimlilik Bulanık VZA     | Doktor sayısı, Hemşire sayısı, Diğer çalışanlar ve idari personel sayısı, Mevcut toplam yatak sayısı                                                                                                                  | Hastane çıkışlarının toplam sayısı, Hastaların toplam yıllık yatış gün sayısı, Gerçekleştirilen toplam cerrahi müdahale sayısı                                     | 15 x 4 x 3         | İtalya       |

**Çizelge A.1 (devam) : Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.**

| Çalışma                  | Dergi                                      | VZA Modeli                         | Girdiler                                                                                                                     | Çıktılar                                                                                                                                           | Örneklem<br>Büyükliği | Ülke                                         |
|--------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|
| Cheng ve diğ.<br>(2016)  | Health services<br>research                | Önyükleme Veri<br>Zarflama Analizi | Toplam tıbbi personel sayısı,<br>Diğer teknisyenlerin toplam<br>sayısı, Tıbbi olmayan personel<br>sayısı, Aktif yatak sayısı | Ayakta hasta ve acil servis<br>ziyaretlerinin sayısı, Yatan hasta<br>sayısı, Aile elektronik sağlık<br>kayıtlarının sayısı, Kronik hasta<br>sayısı | 48 x 4 x 4            | Çin                                          |
| Khushalani<br>(2017)     | Socio-<br>Economic<br>Planning<br>Sciences | Dinamik-Ağ VZA                     | Yatak sayısı, Hekim dışı çalışan<br>sayısı, Yatak başına toplam<br>işletme giderleri                                         | Vaka karışımı ayarlı<br>taburculuklar, Toplam ameliyat<br>sayısı, Acil servis ziyaretleri,<br>Ayakta tedavi ziyaretleri                            | 1259 x 3 x 4          | ABD                                          |
| Stefko ve diğ.<br>(2018) | Health<br>Economics<br>Review              | Pencere VZA                        | Yatak sayısı, Tıbbi personel<br>sayısı, BT cihaz sayısı, MR<br>cihaz sayısı, Tüm tıbbi cihazların<br>sayısı                  | Yatak doluluk oranı, Ortalama<br>bakım süresi                                                                                                      | 64 x 5 x 2            | Slovakya                                     |
| Omrani ve diğ.<br>(2018) | Expert Systems<br>with<br>Applications     | Çapraz Verimlilik<br>VZA           | Personel Sayısı, Tıbbi Ekipman<br>Sayısı, Aktif Yatak Sayısı                                                                 | Yatan hasta sayısı, Ayakta hasta<br>sayısı, Özel hasta sayısı, Yatak<br>gün sayısı                                                                 | 288 x 3 x 4           | İran                                         |
| Ahmed ve diğ.<br>(2019)  | Health<br>economics<br>Research            | CCR ve BCC                         | Kişi başına sağlık harcaması                                                                                                 | Doğumda beklenen sağlıklı<br>yaşam süresi, Bebek ölüm oranı                                                                                        | 46 x 1 x 2            | Uluslararası<br>Çalışma<br>(Asya<br>Özeline) |

**Çizelge A.1 (devam) : Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.**

| Çalışma                   | Dergi                                      | VZA Modeli                            | Girdiler                                                                                                                                           | Çıktılar                                                                                                                                            | Örneklem Büyüklüğü             | Ülke            |
|---------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Rouyendegh ve diğ. (2019) | Annals of Operations Research              | Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci VZA | Doktor sayısı, Yatak sayısı                                                                                                                        | Yatak oranı, Toplam cerrahi operasyon sayısı, Hasta sayısı                                                                                          | 7 x 2 x 3                      | Türkiye         |
| Chen ve diğ. (2019)       | Annals of Operations Research              | Russell VZA                           | Hastanelerin toplam yatak sayısı, Doktor sayısı, Hemşire sayısı, İlçedeki işsizlik oranı                                                           | Hastane kabul sayısı, Yataklı hasta gün sayısı, Yataklı hasta cerrahi operasyon sayısı, Toplam cerrahi operasyon sayısı, Acil servis ziyaret sayısı | 65 x 5 x 5                     | ABD             |
| Alatawi ve diğ. (2020)    | BMJ open                                   | CCR ve BCC                            | Yatak sayısı, Doktor sayısı, Hemşire sayısı, Sağlık personeli sayısı                                                                               | Ayakta hasta ziyaretleri, Taburcu edilen hastalar, Cerrahi operasyonlar, Laboratuvar testleri, Radyolojik incelemeler, Mortalite oranı              | 91 x 4 x 6                     | Suudi Arabistan |
| Habib ve Shahwan (2020)   | Benchmarking : An International Journal    | Malmquist VZA                         | Doktor sayısı, Hemşire sayısı, Diğer personel sayısı, Yazılım değerleri, Yatak sayısı, Varlıkların toplam değeri, Operasyonel harcamaların toplamı | Ayaktan hasta sayısı, Yatan hasta sayısı, Cerrahi işlemler, Gelir, Aktif Karlılığı, Özsermaye Karlılığı                                             | 33 x 7 x 4 (+2 Finansal Çıktı) | Mısır           |
| Li ve diğ. (2020)         | International Journal for Equity in Health | BCC ve Malmquist                      | Kişi başına düşen kurum, Kişi başına düşen yatak, Kişi başına düşen sağlık personeli, Kurumlara yapılan hükümet desteği, Toplam harcama            | Poliklinik ziyaretlerinin sayısı, Hastaneye yatış oranı, Genel gelirler                                                                             | 13 x 5 x 3                     | Çin             |

**Çizelge A.1 (devam) : Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.**

| Çalışma                | Dergi                                   | VZA Modeli                                      | Girdiler                                                                                                              | Çıktılar                                                                                                                                          | Örneklem Büyüklüğü | Ülke                          |
|------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| Pereira ve diğ. (2021) | Expert Systems with Applications        | Gevşeklik Tabanlı-Ağ VZA                        | Ayarlanmış İşgücü Maliyetleri, İşletme Maliyetleri, Klinik Malzeme Maliyetleri, Dış Kaynak Kullanım Maliyetleri       | Yatarak Tedavi Edilen Hastalar, Planlanmış Ameliyat Sayısı, Acil Ameliyatlar, Küçük Ameliyatlar, Toplam Tıbbi Randevular, Toplam Acil Müdahaleler | 27 x 4 x 6         | Portekiz                      |
| Kamel ve Mousa (2021)  | Benchmarking : An International Journal | CCR, BCC, Çapraz Verimlilik ve Süper Verimlilik | Doktor sayısı, Hemşire sayısı, Yatak sayısı                                                                           | Enfeksiyon sayısı, İyileşme sayısı, Ölüm sayısı                                                                                                   | 26 x 3 x 3         | Mısır                         |
| Alfiero ve diğ. (2021) | BMC health services research            | Gevşeklik tabanlı CCR, Gevşeklik tabanlı BCC    | Diagnostik araçların sayısı, Doktor ve hemşire sayısı, Düzenlenen eğitim kurslarının sayısı, Hasta memnuniyeti düzeyi | Temel Hizmet Düzeyleri puanları                                                                                                                   | 16 x 4 x 1         | İtalya                        |
| Mitropoulos (2021)     | Operational Research                    | İki Aşamalı Ağ VZA                              | Tıbbi Doktorlar, Hastane Yatakları, Sağlık Harcamaları                                                                | Hasta sayısı, Ayakta Hasta Ziyaretleri, Karşılanamayan Talep, Bakım Kalitesi, Hasta Güvenliği                                                     | 26 x 3 x 5         | Uluslararası Çalışma (Avrupa) |
| Peykani ve diğ. (2022) | Healthcare                              | Güvenilirliğe Dayalı Bulanık Pencere VZA        | Yatak sayısı, İş gücü harcamaları, Hasta bakım malzemeleri                                                            | Ayakta tedavi gören hasta sayısı, Yatarak tedavi gören hasta sayısı, Hasta memnuniyeti                                                            | 6 x 3 x 3          | ABD                           |

**Çizelge A.1 (devam) : Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.**

| Çalışma                           | Dergi                                                            | VZA Modeli                       | Girdiler                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Çıktılar                                                                                                                                                                                                                          | Örneklem Büyüklüğü | Ülke                   |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------|
| Miszczynska ve Miszczyński (2022) | International Journal of Productivity and Performance Management | Pencere CCR ve Pencere BCC       | Hane halkı sağlık harcaması payı, Uzun süreli bakım harcamaları, Tıbbi personel sayısı                                                                                                                                                                                                                                 | Kaçınılabılır ölüm oranı, Bekleme listesi kişi sayısı, Akreditasyonlu hastane sayısı, Brüt satış kârlılığı, EBITDA                                                                                                                | 16 x 3 x 5         | Polonya                |
| Pereira ve diğ. (2022)            | Expert Systems with Applications                                 | Ağ Veri Zarflama Analizi         | Sağlık harcamaları, COVID-19 kit harcamaları, Dezenfeksiyon ve sterilizasyon harcamaları, Oksijen ekipman harcamaları                                                                                                                                                                                                  | Evde iyileşenler, Hastanede iyileşenler, Yoğun bakımda iyileşenler, Hastanede ölenler, Yoğun bakımda ölenler                                                                                                                      | 55 x 4 x 5         | Uluslararası 1 Çalışma |
| Liu ve diğ. (2022)                | Environmental Science and Pollution Research                     | Üç Aşamalı Gevşeklik Tabanlı VZA | Pediyatrik yatak sayısı, Pediyatrik sağlık teknisyenleri sayısı, Pediyatrik sağlık dışı teknisyenler sayısı, Devlet destek fonu büyüklüğü, Pediyatrik sağlık harcamaları                                                                                                                                               | Pediyatrik poliklinik ve acil vakalar, Taburcu edilen hasta sayısı, Toplam gelir, Uzmanlaşmış üçüncül tıbbi kurum sayısı, Doktor-hasta anlaşmazlıklarının sıklığı, Doktor-hasta anlaşmazlıklarından kaynaklanan ekonomik kayıplar | 31 x 5 x 6         | Çin                    |
| Azadi ve diğ. (2023)              | Journal of Business Research                                     | Ağ Veri Zarflama Analizi         | Tedarikçi hammadde maliyetleri, Tedarikçi Ekolojik tasarım maliyetleri, Tedarikçi çalışan güvenliği maliyetleri, Lab. Çalışan güvenliği maliyetleri, Lab. Personel maliyetleri, Lab. Çevresel tasarım maliyetleri, Hastane çalışan güvenliği maliyetleri, Hastane personel maliyeti, Hastane çevresel tasarım maliyeti | Sağlanan ekipman ve ilaç miktarı, Doğru test sonuçları oranı, Yanlış test sonuçları oranı, Araştırma kalitesi, Kan oksijen seviyesindeki artış oranı, Hipoksi oranı                                                               | 38 x 9 x 6         | İran                   |

**Çizelge A.1 (devam) : Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.**

| Çalışma                    | Dergi                                              | VZA Modeli                                       | Girdiler                                                                                                                                                                       | Çıktılar                                                                                                                                                                | Örneklem Büyüklüğü | Ülke                 |
|----------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------|
| Pederneiras ve diğ. (2023) | International Transactions in Operational Research | Performans ve Kaynak Entegre Karşılaştırmalı VZA | Personel Maliyetleri, İlaç Maliyetleri, Tüketim Maliyetleri, Dış Kaynak Kullanımı Maliyetleri                                                                                  | Randevu Zamanlaması Uygunluğu, Cerrahi İşlemlerin Zamanlaması, Hastane Yatış Süresi, Kan Dolaşımı Enfeksiyonları, Ameliyat Sonrası Sepsis                               | 29 x 4 x 5         | Portekiz             |
| Taleb ve diğ. (2023)       | Expert Systems with Applications                   | Gevşeklik Tabanlı Süper Etkinlik VZA             | Resepsiyonist sayısı, Hemşire sayısı, Doktor sayısı                                                                                                                            | Hastaların acil serviste geçirdiği toplam süre, Hastaların kuyrukta bekleme süresi, Kuyrukta bekleyen hasta sayısı, Tedavi edilen hasta sayısı, Personel kullanım oranı | 34 x 3 x 5         | Malezya              |
| Antunes ve diğ. (2023)     | Decision Support Systems                           | TOPSIS ve VZA                                    | Lisanslı yardımcı doktor sayısı, Lisanslı doktor sayısı, Hemşire sayısı, Eczacı sayısı, Yatak sayısı                                                                           | Yatan Hasta Sayısı, Ayakta hasta sayısı                                                                                                                                 | 31 x 5 x 2         | Çin                  |
| Dlouhý ve Havlík (2024)    | Health Economics Review                            | CCR ve BCC                                       | Sağlık harcamalarının GSYİH'ye oranı, Her 1.000 kişi başına düşen doktor sayısı, Her 1.000 kişi başına düşen hemşire sayısı, Her 1.000 kişi başına düşen hastane yatağı sayısı | Doğuşta beklenen yaşam süresi, Sağlıklı yaşam süresi, Bebek ölüm oranı                                                                                                  | 28 x 4 x 3         | Uluslararası Çalışma |

**Çizelge A.1 (devam) : Sağlıkta Veri Zarflama Analizi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.**

| Çalışma                     | Dergi                                      | VZA Modeli                  | Girdiler                                                                                        | Çıktılar                                                                                                                                                                          | Örneklem<br>Büyüklüğü | Ülke                          |
|-----------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Lamesgen ve diğ. (2024)     | BMC Health Services Research               | BCC                         | Yönetim personeli sayısı, Klinik personel sayısı, Yatak sayısı, Tekrar eden malzeme harcamaları | Ayakta tedavi ziyaretleri, Yapılan sevkler, Nitelikli doğumlar, Aile planlaması ziyaretleri, Tam aşılanan çocuk sayısı                                                            | 27 x 4 x 5            | Etiyopya                      |
| Mahboub-Ahar ve diğ. (2024) | Cost Effectiveness and Resource Allocation | BCC                         | Personel maaşları, Ekipman giderleri, Bina giderleri, Kapsanan nüfus                            | Hizmet sağlama süresi                                                                                                                                                             | 5 x 4 x 1             | İran                          |
| Zeng ve diğ. (2024)         | BMC Health Services Research               | Gevşeklik Tabanlı TOBIT VZA | Doktor sayısı, Hemşire sayısı, Yatak sayısı                                                     | Ayakta tedavi sayısı, Yatarak tedavi sayısı, Ayakta Hasta Hizmetlerinin Oranı, Yatan Hasta Hizmetlerinin Oranı, Kişi Başı Ayakta Hasta Harcaması, Kişi Başı Yatan Hasta Harcaması | 38 x 3 x 6            | Çin                           |
| Almeida (2024)              | The European Journal of Health Economics   | CCR ve BCC                  | Tıbbi doktor sayısı, Hemşire sayısı, Hastane yatak sayısı                                       | Yaşam beklentisi, Kaybedilmemiş Potansiyel Yaşam Yılları, Standartlaştırılmış Hayatta Kalma Oranı                                                                                 | 173 x 3 x 3           | Uluslararası Çalışma (Avrupa) |

**Çizelge A.2 : Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar.**

| Çalışma                               | Dergi                                  | VZA Modeli                                 | Girdiler                                                                                                                                                                                                         | Çıktılar                                                                                                                                                                                 | Örneklem<br>Büyükluğu | Ülke       |
|---------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|
| Ozcan (1995)                          | Socio-Economic<br>Planning<br>Sciences | Gevşeklik<br>Tabanlı CCR<br>VZA            | Özel hizmetlerin toplam sayısı,<br>Hastane yataklarının toplam sayısı,<br>Çalışan sayısı, Operasyonel Giderler                                                                                                   | Taburcu sayısı, Ayakta tedavi<br>sayısı                                                                                                                                                  | 319 x 3 x 2           | ABD        |
| Thanassoulis<br>ve diğ. (1996)        | Omega                                  | CCR                                        | Kadın Hastalıkları/Doğum personeli,<br>Pediatri doktorları, Pratisyen hekim<br>ücretleri, Ebe personeli, Hemşireler                                                                                              | Doğum sayısı, Bölgede ikamet<br>edenlerin doğum sayısı, Özel<br>Bakım Bebek Ünitelerinde kalış<br>süresi, Doğumda ağırlığı 1500<br>gram veya daha az olan bebek<br>sayısı, Kürtaj sayısı | 189 x 5 x 5           | İngiltere  |
| Ersoy ve diğ.<br>(1997)               | Journal of<br>Medical<br>Systems       | CCR                                        | Yatak sayısı, Uzman doktor sayısı,<br>Birinci basamak hekim sayısı                                                                                                                                               | Taburcu edilen hasta sayısı,<br>Ayakta tedavi edilen hasta sayısı,<br>Ameliyat sayısı                                                                                                    | 573 x 3 x 3           | Türkiye    |
| O'Neill (1998)                        | Health Care<br>Management<br>Science   | CCR, Süper<br>etkinlik, Çapraz<br>etkinlik | Teknolojik hizmetler, Yatak sayısı,<br>Tam zamanlı çalışan sayısı,<br>Operasyonel harcamalar                                                                                                                     | Yatarak tıbbi tedavi sayısı,<br>Yatarak cerrahi tedavi sayısı,<br>Ayaktan hasta sayısı, Eğitim<br>gören tıp öğrencisi sayısı                                                             | 27 x 4 x 4            | ABD        |
| Athanassopoul<br>os ve diğ.<br>(1999) | Health Care<br>Management<br>Science   | CCR ve BCC                                 | Genel doktor sayısı, Cerrahi doktor<br>sayısı, Laboratuvar doktor sayısı,<br>Yönetim personeli sayısı, Hastane<br>yatak sayısı, Toplam işgücü<br>maliyetleri, İşgücü dışı maliyetler,<br>İlaç temini maliyetleri | Genel hasta sayısı, Cerrahi hasta<br>sayısı, Laboratuvar testi sayısı,<br>Klinik muayene sayısı                                                                                          | 98 x 8 x 4            | Yunanistan |

**Çizelge A.2 (devam) : Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar**

| Çalışma                                   | Dergi                                       | VZA Modeli                                   | Girdiler                                                                                                                                                                                                 | Çıktılar                                                                                                                                   | Örneklem<br>Büyükülüğü | Ülke      |
|-------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|
| Sommersg<br>uter-<br>Reichman<br>n (2000) | Health Care<br>Management<br>Science        | Malmquist VZA                                | Çalışan sayısı, Hastane yatağı sayısı,<br>Dış tıbbi hizmetlere yapılan<br>harcamalar                                                                                                                     | Ayakta tedavi edilen hasta sayısı,<br>Hastane tarafından bildirilen<br>toplam kredi puanı                                                  | 22 x 3 x 2             | Avusturya |
| Solà ve<br>Prior<br>(2001)                | Financial<br>Accountability<br>& Management | Malmquist VZA                                | Sağlık personeli sayısı, Diğer<br>personel sayısı, Yatak sayısı, Toplam<br>satın alım değeri                                                                                                             | Akut bakım gün sayısı, Uzun<br>sürelili bakım gün sayısı, Yoğun<br>bakım gün sayısı, Poliklinik<br>ziyaretleri sayısı, Enfeksiyon<br>oranı | 20 x 4 x 5             | İspanya   |
| Steinmann<br>ve Zweifel<br>(2003)         | Applied<br>Economics                        | CCR, BCC,<br>Ağırlıklı CCR,<br>Ağırlıklı BCC | Akademik personel sayısı, Hemşire<br>sayısı, İdari personel, İşçilik dışı<br>giderler, Yatan hasta gün sayısı                                                                                            | Tıbbi taburculuklar, Pediatrik<br>taburculuklar, Cerrahi<br>taburculuklar, Jinekolojik<br>taburculuklar , Yoğun bakım<br>taburculukları    | 89 x 5 x 5             | İsviçre   |
| Kirigia ve<br>diğ.<br>(2004)              | Journal of<br>Medical<br>Systems            | CCR ve BCC                                   | Klinik memurlar ve hemşireler,<br>Fizyoterapist ve halk sağlığı<br>görevlileri, Laboratuvar teknisyenleri<br>ve laboratuvar teknolojistleri,<br>Yönetim personeli, Maaş dışı<br>harcamalar, Yatak sayısı | Özel hastalık ziyaretleri sayısı,<br>Doğum öncesi bakım ve aile<br>planlaması ziyaretleri, Aşılama,<br>Diğer genel poliklinik ziyaretleri  | 32 x 6 x 4             | Kenya     |

**Çizelge A.2 (devam) : Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar**

| Çalışma                    | Dergi                                               | VZA Modeli  | Girdiler                                                                                                                          | Çıktılar                                                                                                                                            | Örneklem<br>Büyüklüğü | Ülke       |
|----------------------------|-----------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------|
| Gannon<br>(2005)           | The Economic<br>and Social<br>Review                | Pencere VZA | Yatak Sayısı, Tıbbi Personel Sayısı,<br>Tıbbi Olmayan Personel Sayısı                                                             | Yatan Hasta Sayısı, Ayakta<br>Hasta Sayısı, Günlük Hasta<br>Sayısı                                                                                  | 35 x 3 x 3            | İrlanda    |
| Zere ve diğ.<br>(2006)     | Cost<br>Effectiveness<br>and Resource<br>Allocation | CCR         | Harcamalar, Yatak sayısı, Hemşire<br>sayısı                                                                                       | Toplam ayakta tedavi, Yatan<br>hasta gün sayısı                                                                                                     | 30 x 3 x 2            | Namibya    |
| Aletras ve diğ.<br>(2007)  | Health Policy                                       | CCR ve BCC  | Tıbbi personel sayısı, Diğer personel<br>sayısı, Hastane yatak sayısı                                                             | Vaka karışımı düzeltilmiş yatan<br>hasta sayısı, Ayakta hasta<br>ziyaretleri, Gerçekleştirilen<br>cerrahi operasyonlar                              | 51 x 3 x 3            | Yunanistan |
| Akazili ve<br>diğ. (2008)  | BMC<br>International<br>Health and<br>Human Rights  | BCC         | Klinik dışı personel sayısı, Klinik<br>personel sayısı, Yatak ve beşik<br>sayısı, İlaç ve tıbbi malzeme<br>harcamaları            | Genel poliklinik ziyaret sayısı,<br>Doğum öncesi bakım ziyaret<br>sayısı, Doğum sayısı, Aşıl原因an<br>çocuk sayısı, Aile planlaması<br>ziyaret sayısı | 89 x 4 x 5            | Gana       |
| Ancarani ve<br>diğ. (2009) | European<br>Journal of<br>Operational<br>Research   | CCR ve BCC  | Yatak sayısı, Ameliyat salonu<br>kullanım süresi, Sağlık personeli<br>sayısı, Tıbbi olmayan personel sayısı,<br>Bakım maliyetleri | Akut ve uzun süreli bakım<br>ağırlıklı taburcu sayısı,<br>Günübirlik yatış sayısı,<br>Poliklinik hizmeti verilen hasta<br>sayısı                    | 48 x 5 x 3            | İtalya     |

**Çizelge A.2 (devam) : Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar**

| Çalışma                        | Dergi                                             | VZA Modeli       | Girdiler                                                                                                                                      | Çıktılar                                                                                                                                                                  | Örneklem Büyüklüğü | Ülke            |
|--------------------------------|---------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------|
| Kristensen ve diğ. (2010)      | Health care management science                    | CCR ve BCC       | Operasyonel maliyetler                                                                                                                        | Yatarak tedavi gören hasta sayısı, Ayakta tedavi gören hasta sayısı, Gri alan hasta sayıları                                                                              | 36 x 1 x 3         | Danimarka       |
| Al-Shayea (2011)               | International Journal of Engineering & Technology | CCR              | Doktor maaşları, Hemşire maaşları                                                                                                             | Hizmet verilen hasta sayısı, Yatak verimliliği, Hasta devir süresi                                                                                                        | 9 x 2 x 3          | Suudi Arabistan |
| Ben-Arieh ve Gullipalli (2012) | Computers & Industrial Engineering                | Bulanık VZA      | Tıbbi personel giderleri, Tesis giderleri, Tam zamanlı idari personel sayısı, Hemşire personel sayısı                                         | Toplam tıbbi ziyaret, Tahsil edilen kişisel ödeme miktarı, Eyalet desteği miktarı                                                                                         | 22 x 4 x 3         | ABD             |
| Mitropoulos ve diğ. (2013)     | The European Journal of Health Economics          | CCR ve BCC       | Doktor sayısı, Laboratuvar doktoru sayısı, Hemşire sayısı, İdari personel sayısı, İK Harcamaları, Tedarik harcamaları, Operasyonel maliyetler | Patolojik kliniklere yapılan yıllık hasta sayısı, Cerrahi kliniklere yapılan yıllık hasta sayısı, Ameliyat sayısı, Poliklinik ziyaret sayısı, Laboratuvar testleri sayısı | 96 x 7 x 5         | Yunanistan      |
| Torabipour ve diğ. (2014)      | Iranian journal of Public Health                  | BCC ve Malmquist | Hemşire sayısı, Dolu yatak sayısı, Hekim sayısı                                                                                               | Ayakta tedavi edilen hasta sayısı, Yatarak tedavi edilen hasta sayısı, Ortalama hastanede kalış süresi, Büyük ameliyat sayısı                                             | 12 x 3 x 4         | İran            |

**Çizelge A.2 (devam) : Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar**

| Çalışma                      | Dergi                                          | VZA Modeli                      | Girdiler                                                                                                                                                                                                           | Çıktılar                                                                                              | Örneklem Büyüklüğü | Ülke   |
|------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|--------|
| Gholami ve diğ. (2015)       | Expert systems with applications               | İki Aşamalı Çift Önyükleme VZA  | Yönetim ve genel giderler, Ücretler ve geçici hemşireler için ödenen ücretler, Tam zamanlı çalışanların toplam sayısı, Hastanenin toplam cari ve uzun vadeli varlıklarının toplamı, Hizmetteki toplam yatak sayısı | Net hasta geliri, Toplam yatan hasta geliri, Toplam hasta kabul sayısı, Toplam hasta yatış gün sayısı | 187 x 5 x 4        | ABD    |
| Chowdhury ve Zelenyuk (2016) | Omega                                          | CCR                             | İdari personel saatleri, Hemşirelik saatleri, Personel yatak sayısı, Tıbbi-cerrahi malzeme maliyetleri, Tıbbi olmayan malzeme maliyetleri, Ekipman giderleri                                                       | Ayakta tedavi ziyaretleri, Vaka karışımı ağırlıklı yatan hasta günleri                                | 113 x 6 x 2        | ABD    |
| Jia ve Yuan (2017)           | BMC health services research                   | Pencere VZA                     | Personel Sayısı, Yatak Sayısı                                                                                                                                                                                      | Ayakta ve Acil Servis Hasta Sayısı, Taburcu Edilen Hasta Sayısı, Ortalama Yatış Süresi                | 5 x 2 x 3          | Çin    |
| Guerrini ve diğ. (2018)      | International Journal of Public Administration | İki Aşamalı VZA, Üç Aşamalı VZA | Operasyonel maliyetler, Yatak sayısı                                                                                                                                                                               | Hastaneye yatış geliri, Muayene geliri, Acil başvurusu sayısı                                         | 72 x 2 x 3         | İtalya |

**Çizelge A.2 (devam) : Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar**

| Çalışma                     | Dergi                                      | VZA Modeli   | Girdiler                                                                                                                                                                          | Çıktılar                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Örneklem<br>Büyükliği | Ülke      |
|-----------------------------|--------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------|
| Ibrahim ve Daneshvar (2018) | Journal of healthcare engineering          | Modifiye VZA | Sağlık harcamaları Toplam, Hastane yatak sayısı (her 1.000 kişiye düşen yatak sayısı)                                                                                             | Doğumda beklenen yaşam süresi, Anne ölüm oranı, Bebek ölüm oranı, Yeni HIV enfeksiyonu tanısı alan kişiler                                                                                                                                                                                     | 16 x 2 x 4            | Lübnan    |
| Ahmed ve diğ. (2019)        | Cost Effectiveness and Resource Allocation | CCR ve BCC   | Hastane yatak sayısı, Doktor sayısı, Hemşire sayısı                                                                                                                               | En az 4. doğum öncesi bakım alan kadın sayısı, Normal doğum sayısı, Sezaryen doğum sayısı, Doğum sonrası bakım alan kadın sayısı, Ayakta tedavi hizmeti ziyaretleri, Yatarak tedavi hizmeti alan hastalar                                                                                      | 62 x 3 x 6            | Bangladeş |
| Peykani ve diğ. (2019)      | Expert Systems with Applications           | Bulanık VZA  | Yatak sayısı, İşgücü giderleri, Hasta bakım malzemeleri ve diğer giderler                                                                                                         | Ayakta tedavi sayısı, Yatarak hasta kabul sayısı, Hasta memnuniyeti                                                                                                                                                                                                                            | 38 x 3 x 3            | ABD       |
| Zare ve diğ. (2019)         | Health Care Management Science             | BCC          | Çocuk / Kadın / Gebe / Yaşlı / Okul / Hastalık / Tıbbi için Aile sağlığı personeli ve hekim sayısı, Hedeflenen Çocuk / Kadın / Gebe / Yaşlı / Okul / Hastalık / Tıbbi popülasyonu | Çocuk bakım hizmeti sayısı, Aile planlaması hizmeti ve diğer bakımların sayısı, Gebelik öncesi sonrası bakım hizmeti sayısı, Yaşlı eğitimi oturum sayısı, Denetlenen öğrenci sayısı, Uygulanan aşı sayısı, Kolera numune sayısı, Diyabet ve hipertansiyon hastası sayısı, Muayene hasta sayısı | 17 x 14 x 9           | İran      |

**Çizelge A.2 (devam) : Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar**

| Çalışma                  | Dergi                                 | VZA Modeli                             | Girdiler                                                                                                                                                                                                            | Çıktılar                                                                                                                                                                                                                    | Örneklem<br>Büyükluğu             | Ülke                                |
|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Yang ve diğ.<br>(2020)   | Symmetry                              | Üçgen Tek<br>Değerli<br>Nötrosofik VZA | Doktor sayısı, Yatak sayısı                                                                                                                                                                                         | Yıllık toplam hasta yatış gün<br>sayısı, Poliklinik ziyaret sayısı,<br>Hasta memnuniyeti                                                                                                                                    | 13 x 2 x 3                        | İran                                |
| Top ve diğ.<br>(2020)    | Health policy<br>and<br>Technology    | BCC                                    | Sağlık harcamalarının GSYH'ye<br>oranı, 10.000 kişi başına düşen<br>doktor sayısı, 10.000 kişi başına<br>düşen hemşire sayısı, 10.000 kişi<br>başına düşen hastane yatağı sayısı,<br>İşsizlik oranı, Gini katsayısı | Doğumda beklenen yaşam<br>süresi, Bebek ölüm oranının ters<br>çevirilmiş hali                                                                                                                                               | 36 x 6 x 2                        | Uluslararası<br>Çalışma<br>(Afrika) |
| Lin ve diğ.<br>(2021)    | Healthcare                            | İki Aşamalı CCR<br>ve BCC              | Yatak sayısı, Doktor sayısı, Brüt<br>ekipman değeri, Sabit kıymetlerin net<br>değeri, Acil hasta yatış süresi                                                                                                       | Bütçe fazlası veya açığı, Yatış<br>süresi, Ayakta tedavi hizmetleri<br>için toplam göreceli değer<br>birimi, Yatarak tedavi hizmetleri<br>için toplam göreceli değer<br>birimi, Kişisel ödeme geliri,<br>Düzeltilmiş EBITDA | 19 x 5 x 6                        | Tayvan                              |
| Orsini ve diğ.<br>(2021) | BMC Health<br>Services<br>Research    | Çok aşamalı<br>VZA                     | Hastane yatak sayısı, Hastanedeki<br>tam zamanlı çalışanlar, İşletme<br>Giderleri                                                                                                                                   | Poliklinik Ziyaret Sayısı, Yatan<br>Hasta Sayısı, Poliklinik Geliri,<br>Yatan Hasta Geliri, Yatak<br>Doluluk Oranı, Mortalite Oranı,<br>Uygunsuz Kabul Oranı                                                                | 43 x 3 x 5 (+2<br>Kalite Çıktısı) | İtalya                              |
| İlgün ve diğ.<br>(2022)  | Evaluation<br>and Program<br>Planning | İki aşamalı CCR<br>ve Malmquist        | Yatak sayısı, Hekim sayısı                                                                                                                                                                                          | Ayakta tedavi sayısı, Yatan hasta<br>sayısı, Ameliyat sayısı, Doğum<br>sayısı                                                                                                                                               | 17 x 2 x 4                        | Türkiye                             |

**Çizelge A.2 (devam) : Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar**

| Çalışma                 | Dergi                                  | VZA Modeli                              | Girdiler                                                                                                                                                                                                                                                                              | Çıktılar                                                                                                                                                                                                       | Örneklem Büyüklüğü | Ülke    |
|-------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------|
| Izadikhah (2022)        | Healthcare Analytics                   | Bulanık Stokastik Gevşeklik Tabanlı VZA | Toplam Doktor Sayısı, Hemşire Sayısı, Hastane Yatak Sayısı                                                                                                                                                                                                                            | Toplam Yatan Hasta Ziyaretleri, Toplam Ayakta Hasta Ziyaretleri, Cerrahi Operasyon Sayısı                                                                                                                      | 11 x 3 x 3         | İran    |
| Omrani ve diğ. (2022)   | Expert Systems with Applications       | Bulanık Sağlam Güvenilirlikli VZA       | Personel sayısı, Tıbbi ekipman sayısı, Aktif yatak sayısı                                                                                                                                                                                                                             | Yatan hasta sayısı, Ayakta hasta sayısı, Özel hasta sayısı, Yatak-gün                                                                                                                                          | 28 x 3 x 4         | İran    |
| Hajiagha ve diğ. (2023) | Cybernetics and Systems                | Üç Aşamalı VZA                          | Yatak sayısı, Doktor sayısı, Hemşire sayısı, İdari personel sayısı, Harcamalar, Bina sayısı, Yardımcı hizmetler, Destek hizmetleri, Tıbbi hizmetler, Teknik çalışan sayısı, İlaçlar, Yemek dağıtımları, Toplam varlıklar, Ölen hasta sayısı, Laboratuvar teknisyenleri, Hastane alanı | Ameliyat sayısı, Acil operasyon sayısı, Ayakta hasta sayısı, Kalış süresi, Konsültasyon vakaları, Toplam gelir, Kabul edilen hasta sayısı, Doğumlar, Hastanede yatan hasta sayısı, Taburcu edilen hasta sayısı | 11 x 16 x 10       | İran    |
| Cinaroglu (2023)        | International Journal of Fuzzy Systems | Bulanık VZA                             | 100,000 kişi başına düşen hekim sayısı, Hemşire sayısı, Hastane sayısı                                                                                                                                                                                                                | Ölüm oranı, Sağlık hizmetleri memnuniyeti                                                                                                                                                                      | 81 x 3 x 2         | Türkiye |

**Çizelge A.2 (devam) : Veri Zarflama Analizi ile Hastanelerin Etkinlik Ölçümü Üzerine Yapılan Çalışmalar**

| Çalışma                    | Dergi                                                | VZA Modeli                                 | Girdiler                                                                                                                                                                                     | Çıktılar                                                                                                                                                                 | Örneklem<br>Büyüklüğü | Ülke    |
|----------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------|
| Azadi ve diğ.<br>(2023)    | Annals of<br>Operations<br>Research                  | Ağ Veri Zarflama<br>Analizi                | Tedarikçilerden gelen malzemeler ve ekipmanlar, Gerçek ve tamsayı veri türleri, Stokastik girdiler, Oransal girdiler, Tedarik zincirinden gelen ara ürünler veya kaynaklar, Negatif değerler | Sürdürülebilirlik ve dayanıklılığı artıran çıktı değerleri, Atıklar / kayıplar gibi negatif çıktılar, Tedarik zincirinin farklı aşamalarından elde edilen somut sonuçlar | 28 x 6 x 3            | İran    |
| Cinaroglu<br>(2024)        | Health Care<br>Management<br>Science                 | Önyüklemeli<br>VZA                         | Yatak sayısı, Doktor sayısı                                                                                                                                                                  | Yatan hasta sayısı, Ameliyat sayısı                                                                                                                                      | 628 x 2 x 2           | Türkiye |
| Lindaas ve diğ.<br>(2024)  | BMC Health<br>Services<br>Research                   | Önyüklemeli<br>VZA                         | Hasta tedavi maliyetleri, Toplam sermaye maliyetleri                                                                                                                                         | Acil yatarak tedavi taburculukları, Seçmeli yatarak tedavi taburculukları, Gündüz bakımı tedavisi, Ayakta tedavi ziyaretleri                                             | 19 x 2 x 4            | Norveç  |
| Visintin ve diğ.<br>(2024) | Flexible<br>Services and<br>Manufacturing<br>Journal | İki Aşamalı<br>Önyükleme VZA               | Radyolog sayısı, Radyoloji teknisyeni sayısı, Hemşire sayısı, MR cihazı sayısı, Röntgen cihazı sayısı, BT cihazı sayısı                                                                      | Çekilen MR sayısı, Çekilen röntgen sayısı, Çekilen BT tarama sayısı                                                                                                      | 54 x 6 x 3            | İtalya  |
| See ve diğ.<br>(2024)      | Socio-<br>Economic<br>Planning<br>Sciences           | Çok Dönemli Ağ<br>Veri Zarflama<br>Analizi | Yatak sayısı, Doktor sayısı, Hemşire sayısı, İlaç giderleri, İlaç dışı giderler                                                                                                              | Acil ve Ayakta Tedavi Sayısı, Yatan Hasta Sayısı                                                                                                                         | 131 x 5 x 2           | Malezya |

## EK B

```
# -*- coding: utf-8 -*-

import pandas as pd

data = {

    "DMU": [#DMU isimleri],

    "Lower": [#Lower değerler],

    "Upper": [#Upper değerler]

}

df = pd.DataFrame(data)

c = df["Lower"].min()

d = df["Upper"].max()

def chen_klein_index(lower_val, upper_val, c_val, d_val):

    pay = upper_val - c_val

    payda = (upper_val - c_val) - (lower_val - d_val)

    return pay / payda

df["ChenKleinIndex"] = df.apply(

    lambda row: chen_klein_index(row["Lower"], row["Upper"], c, d),

    axis=1

)

df.sort_values(by="ChenKleinIndex", ascending=False, inplace=True)

print(df[["DMU", "Lower", "Upper", "ChenKleinIndex"]].to_string(index=False))
```



## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Çağıl ÇAĞLAR

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2019, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İşletme Mühendisliği

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2023 yılından itibaren Özel Medicabil Sağlık Grubunda İşletme Mühendisi olarak çalışmaya devam ediyor.