

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇAY ENDÜSTRİSİNDE AHP VE ENTROPİ DESTEKLİ VERİ ZARFLAMA
ANALİZİ İLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ**

Hilal DİNDAR

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇAY ENDÜSTRİSİNDE AHP VE ENTROPİ DESTEKLİ VERİ
ZARFLAMA ANALİZİ İLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

HİLAL DİNDAR

Dr. Öğr. Üyesi Yıldız ŞAHİN
Danışman, KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ
Jüri Üyesi, KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
Dr. Öğr. Üyesi Fuat KOSANOĞLU
Jüri Üyesi, YALOVA ÜNİVERSİTESİ



Tezin Savunulduğu Tarih: 16.07.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Bu çalışmada çay endüstrisinde bulunan işletmelerin etkinlikleri Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Entropi ağırlıklandırma yöntemleri kullanılarak Veri Zarflama Analizi ile ölçülmüştür.

Tez çalışmam boyunca bana yol gösteren ve hiçbir desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam Dr. Yıldız Şahin'e, tez çalışmasında kullanılacak verilerin sağlanmasında yardımcı olan Çaykur Fındıklı Çay Fabrikası müdürü Üzeyir Tekeşin'e, koşulsuz sevgi, güven ve destekleriyle hayatımın her anında yanımda olan, bana her daim güç veren çok kıymetli aileme, tez süreci boyunca sabırla beni destekleyen, cesaretlendiren ve bu zorlu süreci benim için kolaylaştıran sevgili nişanım Samet Meral'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Eylül-2019

Hilal DİNDAR

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
TABLolar DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
GİRİŞ	1
1. PERFORMANS, VERİMLİLİK VE ETKİNLİK KAVRAMLARI	3
1.1. Performans Kavramı	3
1.2. Verimlilik Kavramı	4
1.3. Etkinlik Kavramı	5
1.4. Etkinlik Ölçümü ve Kullanılan Yöntemler	7
1.4.1. Oran analizi	7
1.4.2. Parametrik yöntemler	8
1.4.3. Parametrik olmayan yöntemler	9
2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME	10
2.1. Veri Zarflama Analizi	10
2.2. Veri Zarflama Analizi İçin Gerekli Adımlar	12
2.3. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Yapısı	13
2.4. Veri Zarflama Analizi Modelleri	14
2.4.1. CCR modeli	15
2.4.2. BCC modeli	17
2.4.3. Toplamsal yöntem	20
2.4.4. Süper etkinlik modeli	20
2.5. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri	21
2.6. Entropi Ağırlık Yöntemi	22
2.7. Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (AHP)	24
2.8. Veri Zarflama Analizi Uygulama Alanları ve Literatür Araştırması	26
3. ÇAY ENDÜSTRİSİNDE GÖRELİ ETKİNLİKLERİN BELİRLENMESİ	29
3.1. Çalışmanın Amacı	29
3.2. Çalışmanın Kapsamı	29
3.3. Çalışmanın Yöntemi ve Bulgular	31
3.3.1. Karar verme biriminin seçimi	32
3.3.2. Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi	32
3.3.3. Veriye uygun modelin seçimi	33
3.3.4. Entropi yöntemi ile ağırlıklandırma	34
3.3.5. Entropi ağırlıkları ile VZA	37
3.3.6. AHP yöntemi ile ağırlıklandırma	42
3.3.7. AHP yöntemi ağırlıkları ile VZA	45
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53
EKLER	56
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	63
ÖZGEÇMİŞ	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. AHP Hiyerarşik Yapı.....	43
Şekil A.1. Paket Programı Entropi Etkinlik Ölçümü Ekran Görüntüsü	57
Şekil C.1. Paket Programı AHP Etkinlik Ölçümü Ekran Görüntüsü	62



TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Girdi ve Çıktı Grupları	33
Tablo 3.2. Analizde Kullanılan Veri Kümesi.....	34
Tablo 3.3. Normalize Edilmiş Karar Matrisi	35
Tablo 3.4. Hesaplanan Entropi Değerleri	36
Tablo 3.5. Elde Edilen Entropi Ağırlıkları.....	36
Tablo 3.6. Fabrika Kapasite Baz Alındığında Entropi Ağırlıkları	37
Tablo 3.7. Elde Edilen Entropi Destekli Etkinlik Skorları (Fabrika Sayısı).....	37
Tablo 3.8. Karar Verme Birimlerinin Referans Sıklıkları	39
Tablo 3.9. K ₆ Hedef Girdi/Çıktı Değerleri.....	40
Tablo 3.10. K ₁ Hedef Girdi/Çıktı Değerleri.....	40
Tablo 3.11. Hedeflenen Etkinlik Skorları	41
Tablo 3.12. Elde Edilen Entropi Destekli Etkinlik Skorları (Fabrika Kapasitesi)	42
Tablo 3.13. AHP İkili Karşılaştırma Matrisi	44
Tablo 3.14. AHP Normalize Edilmiş İkili Karşılaştırma Matrisi.....	44
Tablo 3.15. AHP Yöntemi ile Elde Edilen Ağırlıklar	45
Tablo 3.16. Elde Edilen AHP Destekli Etkinlik Skorları (Fabrika Sayısı).....	45
Tablo 3.17. Karar Verme Birimlerinin Referans Sıklıkları	46
Tablo 3.18. K ₆ Hedef Girdi/Çıktı Değerleri.....	48
Tablo 3.19. K ₁ Hedef Girdi/Çıktı Değerleri	48
Tablo 3.20. K ₄ Hedef Girdi/Çıktı Değerleri	48
Tablo 3.21. Elde Edilen AHP Destekli Etkinlik Skorları (Fabrika Kapasitesi)	49
Tablo 3.22. Analizler Sonucunda Elde Edilen Tüm Skorlar	50
Tablo B.1. AHP Anket Uygulama Örneği-1	59
Tablo B.2. AHP Anket Uygulama Örneği-2	60
Tablo B.3. AHP Anket Uygulama Örneği-3	60
Tablo B.3. AHP Anket Çalışması	61

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

AHP	:Analitik Hiyerarşi Süreci
BBC	:Banker, Cooper, Charnes
CCR	:Cooper, Charnes, Rhodes
DEA	:Data Envelopment Analysis (Veri Zarflama Analizi)
EE	:Ekonomik Etkinlik
EPA	:European Parliamentary Association (Avrupa Parlamentler Örgütü)
KG	:Kilogram
KVB	:Karar Verme Birimi
ÖE	:Ölçek Etkinliği
TE	:Teknik Etkinlik
TL	:Türk Lirası
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
VZA	:Veri Zarflama Analizi

ÇAY ENDÜSTRİSİNDE AHP VE ENTROPİ DESTEKLİ VERİ ZARFLAMA ANALİZİ İLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ

ÖZET

Performans ölçümü var olan rekabet koşullarında önemli bir araçtır. Performans değerlendirilmesi çalışmalarında etkinlik belirleme, birimlerin rakiplerini ve kendini tanıyabilmesi, etkin olmayan birimlerin etkin hale gelebilmesi, açısından önemlidir. Etkinlik analizi çoklu girdi ve çoklu çıktının var olduğu üretim süreçlerinde zorlaşmaktadır. Bunun için farklı analiz yöntemleri geliştirilmiş olup bunlar arasında yaygın olarak kullanılan Veri Zarflama Analizidir. Veri Zarflama Analizi, çoklu girdi ve çıktının var olduğu süreçlerde karar verme birimlerinin göreceli etkinliklerini kolaylıkla belirleyebilmekte, etkin olmayan birimler tarafından kullanılan fazla kaynak miktarlarını analiz edebilmekte, mevcut girdi düzeyleri ile üretmeleri gereken çıktı düzeyini ortaya koymakta ve bu karar verme birimleri için etkin referans kümeleri oluşturabilmektedir. Bu çalışmada da çay endüstrisinde faaliyet gösteren firmaların performanslarını değerlendirmek amacıyla göreceli etkinlikleri belirlenmiş olup, etkin olan ve etkin olmayan karar verme birimleri analiz edilmiştir. Etkin olmayan karar verme birimlerinin etkin hale gelebilmesi için hedef değerler ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: AHP, Çay Endüstrisi, Entropi, Performans Analizi, Veri Zarflama Analizi.

EFFICIENCY MEASUREMENT WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS SUPPORTED BY AHP AND ENTROPI IN THE TEA INDUSTRY

ABSTRACT

Performance measurement is an important tool in existing competition conditions. Determining efficiency in performance evaluation studies is important for the units to recognize themselves and their competitors, for inefficient units to become efficient. Efficiency analysis becomes difficult in production processes where multiple inputs and multiple outputs exist. For this reason, different analysis methods have been developed; among these, Data Envelopment Analysis is commonly used. Data Envelopment Analysis can easily determine the relative efficiency of decision-making units in processes where multiple inputs and outputs exist, analyze excess resource amounts used by ineffective units, identify the output levels that are needed to produce by using with existing input levels and create efficient reference sets for these decision-making units. In this study, in order to evaluate the performances of the companies operating in the tea industry, their relative efficiency was determined, and efficient and inefficient decision-making units were analyzed. In order to make inefficient decision-making units efficient, target values were presented.

Keywords: AHP, Tea Industry, Entropy, Performance Analysis, Data Envelopment Analysis.

GİRİŞ

Dünyada çay tarımı farklı dönemlerde, çeşitli yönleri ile analiz edilmiştir, M.Ö IV. Yüzyıla ait bilgiler ışığında çay tarımına ilk olarak Çin'de başladığı bilinmektedir. Günümüzde Dünyada kırk kadar ülkede çay tarımı yapılmaktadır. Bu ülkelerin içerisinde yer alan Türkiye'de çayın ana vatanı Doğu Karadeniz bölgesidir. Çay tarımı ve endüstrisi Doğu Karadeniz bölgesinin tarımsal yapısını büyük ölçüde oluşturmuş, ekonomik ve sosyal alanda önemli katkı sağlamış ve istihdam sağlayarak göçlerin azalmasında etkili olmuştur. Türkiye'de 1924 yılında devlet tarafından çıkarılan yasa ile başlanan çay tarımı günümüze kadar geçen sürede büyük bir gelişme göstermiş olup, 2018 TÜİK verilerine göre 836.109 dekar alanda çay tarımı yapılmaktadır. (Gülcü & Coşkun, 2004)

Çay tarımı ve endüstrisi 1984 yılına kadar devlet tekelinde yürütülmüş, çay tarım alanlarının belirlenmesi, yaş çay alımları, işlenmesi, pazarlaması devlet tarafından gerçekleştirilmiştir. 1984 yılından sonra devlet etkinliğini hala sürdürmesi ile birlikte çay endüstrisi özel sektöre de açılmıştır ve birçok üretici firma pazarda faaliyetlerini sürdürmektedir. Üretici firmaların ele alınması tezin kapsamı açısından oldukça önemli bir noktadır.

Modern endüstride üretim veya hizmet sektörünün tamamında işletmelerin rekabet edebilme ve varlığını sürdürebilmesi önemli bir faktördür. Bu rekabetin temelinde maliyeti minimize ederek maksimum performans ve kazanç sağlamak yer almaktadır. Dolayısıyla firmaların performanslarını değerlendirmeleri, rakip firmalarla görelî etkinliklerini belirleyebilmeleri, etkin olup olmadıklarını analiz edip, etkin olmama durumunda üzerinde durulması gereken noktalara ulaşarak bu doğrultuda alınacak önlemlere karar verebilmeleri gerekmektedir. Etkinlik ölçümü, performans değerlendirmede farklı yöntemler söz konusudur. Çok sayıda girdi ve çıktı olması durumunda, görelî etkinliklerin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biri de Veri Zarflama Analizidir.

Tez çalışmasında, Türkiye'de çay endüstrisinde faaliyet gösteren firmaların Veri Zarflama Analizi (VZA) ile görelî etkinlikleri belirlenmiştir. Literatür araştırması sonucunda Veri Zarflama Analizi uygulamalarının tarım sektöründe ki eksikliği fark

edilmiştir, bölgenin en büyük geçim kaynağı olan çay tarımı endüstrisinde yer alan firmaların etkinlik düzeyleri belirlenerek literatürdeki bu eksikliğin giderilmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışmasının birinci bölümünde, performans, etkinlik ve verimlilik kavramları hakkında bilgi verilmiş ve günümüz çalışma, rekabet koşullarında işletmeler için öneminden bahsedilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, çok kriterli karar verme, Veri Zarflama Analizi (VZA), VZA'nın ortaya çıkışı ve tarihsel gelişimi incelenmiş, VZA'nın uygulama adımları, VZA'nın matematiksel gösterimi, VZA modelleri, VZA'nın zayıf ve güçlü yönleri anlatılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde Türkiye'de çay tarımı ve sanayisi hakkında, görece etkinlikleri belirlenen çay endüstrisinde önemli paya sahip firmalar ve yerel firmalar hakkında bilgilere yer verilmiş, çay endüstrisinde yer alan firmaların etkinlikleri AHP ve Entropi yöntemleri kullanılarak veri zarflama analizi ile görece ölçülmüştür, etkin olmayan karar verme birimleri için referans kümeleri oluşturulmuştur. Çalışmanın son bölümü olan, sonuç ve öneriler bölümünde etkin olmayan karar verme birimleri belirlenmiş, bu karar verme birimlerinin etkinliğe ulaşması için değerlendirmeler yapılmıştır.

1. PERFORMANS, VERİMLİLİK VE ETKİNLİK KAVRAMLARI

1.1. Performans Kavramı

Performans kelimesinin sözlük anlamı elde edilen iyi sonuç, başarımların kelimeleri ile ifade edilmektedir. Yönetim biliminde ise performans, bir işi yapan bireyin, topluluğun veya bir sistemin o işle elde edilmesi amaçlanan sonuca yönelik ne kadarını başarabildiğini, neye ulaşabildiğini nicel ve nitel olarak belirten kavramdır. Performans birey, grup veya örgüt bazında dikkate alınabilir.

Günümüzde sürekli değişen ve gelişen teknoloji işletmelerin etkinliğini önemli derecede etkilemektedir. Aynı zamanda gelişen teknoloji sayesinde işletmeler tüm yenilikleri takip edebilmekte ve rakiplerini analiz edebilmektedir. Bu imkânların var olduğu endüstri koşullarında işletmeler gelişebilmek ve diğer işletmeleri analiz edebilmesi ve karşılaştırma yapabilmesi için var olan sistemi hakkında bilgi sahibi olması gerekmektedir. Bu da büyük ölçüde performans değerlendirme konusu ile mümkün olmaktadır. İşletmeler sistem, ekipman veya çalışan üzerinde performans değerlendirme işlemlerini gerçekleştirebilirler. Performans değerlendirme çalışan bireylerin veya örgütlerin kendi potansiyellerinin farkına varmalarını ve daha etkin sonuçlar elde etmeyi sağlamaktadır.

İşletmeler kuruluş amaçlarından biri olan ve sürdürülebilirliğini sağlamaları için gerekli olan kriterlerden biri kar elde etmek ve bu karı maksimum düzeye çıkarmaktır. İşletmelerin sürdürülebilirliğini gerçekleştirmesi için gerekli olan kar bu durumda bir araçtır ve performans ölçümü bu noktada işletmeler açısından önemini açıkça ortaya koymaktadır. İşletmeler amaçlarını gerçekleştirebilmeleri çalışan tüm bireylerin ve bölümlerin belirlenen hedefler doğrultusunda gösterdikleri performansa bağlıdır. İşletmeler performanslarını ölçmek için bir takım kriterler kullanır. Bu kriterler;

- Verimlilik
- Etkinlik
- Maliye

- Karlılık
- Kalite
- Çalışan memnuniyeti

İfade edilen kriterler performans ölçüm yöntemlerinde en çok kullanılan kriterlerdir.

Ölçme kavramının modern üretim anlayışında önemi büyük bir yere sahiptir. Ölçümlerin işletmeler için ne derece önemli olduğunu “ ölçmediğinizi yönetemezsiniz” ifadesi ile vurgulanabilir. (Akal, 1992)

Performans ölçümü, sistemin hedeflerinin belirlenebilmesi ve örgüt içerisindekilere sağlayacağı katkıları bildirmesi açısından önemli bir noktadır. Performans ölçümü içeriğinde sistem içerisinde ulaşılmak istenen düzeylerin belirlenip bu doğrultuda hedefler ortaya konulması örgütler arası iletişimi sağlayarak etkinliği artırıcı yönde adımlar atmayı sağlamaktadır.

1.2. Verimlilik Kavramı

Kalkınma düzeyini yükseltme amacıyla olan her toplumun, işletmenin veya daha özele inildiğinde her bireyin temel düşüncesi var olan kaynaklarını en yararlı biçimde kullanarak yeterli seviyede kazanım elde etmektir. Bu noktada verimlilik kavramı ortaya çıkmakta ve önem kazanmaktadır. Üretim sektöründe verimlilik kavramından önce üretim oranı ifadesi kullanılmaktaydı. Modern iktisadi felsefesinin yaygınlaşması ile verimlilik kavramı oluşmuş ve önemi gün geçtikçe tüm sistemlerde fark edilmiştir.

Verimlilik performans değerlendirmede sıkça kullanılan bir terimdir. Yani aslında üretim veya hizmette süreçte kullanılan kaynaklar çıktıya ne derece etki ediyor. Elde edilen ürünün hedefler doğrultusunda yeterli miktarda mı veya kullanılan kaynak miktarını azaltarak yeterli düzeyde ürün çıkartılabilir mi gibi soruların cevaplarını verimlilik kavramı üzerinde toplanmaktadır.

Avrupa Verimlilik Komitesi (EPA) verimliliği şöyle tanımlamaktadır: “Verimlilik her üretim faktörünün etkin olarak kullanılma derecesidir. Verimlilik aslında bir düşünce tarzıdır ve asıl amacı var olanı daha da iyileştirmek için neler yapılması gerekir sorusunu araştırır. Her şeyin mutlaka daha iyisi yapılabilir inancına dayanır”. (Özdemir, 2007)

Verimlilik ölçülürken sayısal veri olarak girdi ve çıktı değişkenleri dikkate alınır. Girdi ve çıktı arasındaki matematiksel ifade ile elde edilen verimliliğin artış halinde olması sabit girdi ile çıktı miktarının artırılması, girdi miktarının azaltılarak çıktı miktarının sabit tutulması veya artırılması, girdi miktarının artması halinde çıktı miktarının daha büyük oranda artırılması ile mümkündür.

Dünya genelinde kamu veya özel kurumlar fark etmeksizin rekabetle baş edebilmek için verimliliğe verilen önem artmakta ve işletmeler bu konuda daha fazla çalışmalar yapmaktadır. Modern endüstride işletmeler kaliteli ürün veya hizmet üretmekle yetinmeyip kaliteyi daha az maliyetle elde etmek stratejisini benimsemişlerdir. Dolayısıyla tam da bu noktada verimlilik kavramı önem kazanmaktadır. Bu nedenle verimlilik artışını engelleyen unsurlar egale edilerek, verimlilik artışını sağlayacak faktörler üzerinde durmak işletmelerin yaşamsal faaliyetini sürdürebilmeleri için kilit bir noktadır.

Verimlilik artışı sadece söz konusu firmaya fayda sağlamak şeklinde düşünülmemelidir. Verimlilik düzeyindeki artış ile firmanın sağladığı fayda yanında, çalışan işçiye daha fazla değer, ülke ekonomisine daha fazla katkı ve tüketiciye daha kaliteli hizmet anlamlarını taşır. Bu kriterler baz alınarak verimlilik konusunda ciddi çalışmalara yer verilmektedir.

1.3. Etkinlik Kavramı

Etkinlik genel anlamıyla bir miktar çıktıyı en az girdiyle elde etmek olarak tanımlanmaktadır. Genellikle verimlilikle eş anlamlı kullanılsa da verimlilikten daha geniş bir anlam ihtiva etmektedir. (Erişir, 2013)

Etkinlik kavramı verimliliği kapsamakta olup bu konuda çeşitli söylemler mevcuttur. Verimlilik sadece yapılan işten sağlanan fayda düzeyi olarak nitelendirildiğinde etkinlik o işten sağlanan fayda düzeyi, o işin yapılmasının ne derece gerekli olduğu ve işi yapma amacıyla sonuçlar arasındaki ilişkiyi savunduğu söylenebilir. Kısaca etkinlik işletmede belirlenen hedeflerin gerçekleşme oranı olarak ifade edilebilir.

Var olan girdi miktarı ile elde edilebilecek en fazla çıktıyı elde etmek ya da diğer bir ifade ile hedeflenen çıktı miktarı için mümkün olan en az girdiyi kullanma becerisi olarak tanımlanan etkinliğin ölçümü pek çok durumda zor olmakta veya mümkün olmamaktadır. Bazı girdi ve çıktıların sayısal büyüklüğünün ölçülemediği durumlarda neredeyse imkânsız hale gelebilmektedir. Bu sebeple etkinlik kavramı

kategorilendirilmektedir. Farell rasyonellik gereği firmaların genel başarısını ölçebilmek için birbirleri ile bağlantılı etkinlik kavramları ortaya koymuştur. Ortaya koyulan bu etkinliklerin temelini teknik etkinlik ve tahsis etkinliği oluşturmaktadır. Teknik etkinlik irdelendiğinde çıkabilecek en iyi oranda çıktı miktarının dikkate alındığı, tahsis etkinlik de ise maliyetlerin de sürece dahil edilerek en uygun oranların belirlenmesinin amaçlandığını söylenebilir. Bu ifadeler doğrultusunda toplam etkinlik kavramı oluşmakta ve teknik etkinlik ile tahsis etkinliğinin çarpımı ile formülize edilmektedir. (Yakut, 2008)

Teknik etkinliği mümkün olan maksimumum çıktıyı, var olan minimum girdi ile elde edebilme becerisi olarak ifade edilir. Bu nedenle Karar Verme Birimlerinin (KVB) teknik etkin sayılabilmesi için belirlenen üretim sınırı üzerinde değerler alması gerekmektedir. Bu üretim sınırı altında kalan KVB'lerin görel olarak israfta oldukları söylenebilir. Özellikle elde edilen çıktının daha az bir kaynak miktarı ile sağlanabileceği söylenebilmektedir. (Kayalidere & Kargın, 2004)

İşletmelerde verimlilik artışı üretim sınırı altında kalan KVB'lerin yok edilmesi veya minimuma indirgenmesi ile sağlanabilir. Diğer bir ifade ile aslında verimlilik artışı teknik etkinliğin artmasıdır.

Performans göstergesi olarak nitelendirilebilecek bir diğer ifade de ölçek etkinliğidir. Ölçeğe göre getiri kavramı ölçeğe göre azalan getiri, ölçeğe göre sabit getiri ve ölçeğe göre azalan getiri şeklinde üç durumda analiz edilebilir.

Teknik etkinliğin yanında bir başka performans göstergesi olarak en verimli ölçek büyüklüğüne olan yakınlık alınmalıdır. Bu kavram ölçek etkinliği olarak adlandırılmaktadır. Ölçeğe göre getiri kavramı, ölçeğe göre sabit getiri, ölçeğe göre artan getiri ve ölçeğe göre azalan getiri olmak üzere üç durumda incelenebilir.

Üretim sürecinde ki girdilerin arttırılma oranı çıktı seviyesindeki artış oranından daha az bir orana sahip ise ölçeğe göre azalan getiri kavramı söz konusu olmaktadır. Farklı bir diğer durum olan ölçeğe göre sabit getiride ise süreçte ki çıktı miktarı ile girdi miktarının aynı oranda artmasıdır. İşletmelerin verimliliği için en çok arzulanan bir diğer durum ise ölçeğe göre artan getiridir. Ölçeğe göre artan getiri kavramı ise üretim sürecinde elde edilen çıktı seviyesinde ki artışın, kullanılan girdiler üzerinde ki artış seviyesinden daha fazla olmasıdır. (Kayalidere & Kargın, 2004)

1.4. Etkinlik Ölçümü ve Kullanılan Yöntemler

Büyüme ve verimlilik günümüzde son derece önem kazanmış kavramlardır. Bu kavramların beraberinde gelen etkinlik ile üretim miktarının ne kadar artacağını bilmek işletmeler için önemlidir. İşletmeler üretim süreçlerinde elde ettikleri ürünlerin ideal olana ne kadar yaklaştıklarının bilincinden olmaları açısından etkinlik ölçümü yapmaları gerektiğinin farkındadırlar. Bu ihtiyaçla ortaya çıkan çeşitli etkinlik ölçüm yöntemlerinden en çok tercih edilen yöntemler oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemlerdir.

Etkinlik ölçüm yöntemlerinden en basit olarak nitelendirilebilecek yöntem oran analizidir. Oran analizi tek girdi ve tek çıktı ile üretim yapan sistemlerde girdi ile çıktının oranlanması ile formüle edilen yöntemdir. Parametrik yöntemler de ise çoklu girdi ve çıktının var olduğu sistemlerde girdi ve çıktılar arasındaki ilişkiyi doğrusal olarak açıklayan yöntemlerdir. Çoklu girdi ve çıktı değişkenlerinin bulunduğu günümüz üretim sistemlerin de yaygın olarak kullanılan son yöntem ise matematik programlama tabanlı parametrik olmayan yöntemlerdir. (Demirci, 2018)

1.4.1. Oran analizi

Etkinlik ölçüm yöntemlerinden en basit içeriğe sahip yöntem olarak bilinen diğer bir adı rasyo analizi oran analizi yöntemi tekli girdi ve çıktıya sahip üretim sistemlerinin tercih edebileceği bir yöntemdir. Rasyonel üretim sistemlerinde uygulaması çok da mümkün olmamakla birlikte basit düzeyde olması ve çok az bilgiye ihtiyaç duyması açısından gerekli durumlarda kullanma şansı vermektedir. (Canan, 2002)

Oran analizi tekli girdi ve çıktının var olduğu sistemler üzerinde etkinlik ölçebilmesi nedeniyle özellikle bazı sektörler için çok doğru bir tercih değildir. Kolaylığı sebebiyle yaygın olarak kullanılması yanında çoklu girdi-çıktının yer aldığı karar birimlerinde tek bir kriteri baz alarak değerlendirme yapması önemli dezavantaj olarak görülmektedir.

Üç aşama da oran analizi yapmak mümkündür; (Yeşilyurt, Performans Ölçümünde Kullanılan Parametrelili ve Parametresiz Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması, 2018)

İlk adım etkinlik ölçümü yapılacak karar birimlerinin oluşturulmasıdır. Analiz sonuçlarının anlamlı olması açısından karar birimlerinin benzer girdi ve çıktı değişkenlerine sahip olması gerekmektedir. Bir diğer adım ise girdi ve çıktı

oranlarının belirlenmesidir. Bu girdi/çıkıtı oranları değerlendirmeye alınan her bir karar birimi için hesaplanır. Bu adımda sonuca etkisi olacak sistemin kritik girdi ve çıktısının seçimi dikkat edilmesi gereken noktadır.

Son adım olarak ise karar birimleri için belirlenen oranlar hesaplanır. Karar birimlerinin tümü için hesaplanan oran ortalamalarının altında kalan birimler için etkinlik yorumları yapılabilir.

1.4.2. Parametrik yöntemler

Etkinlik ölçüm yöntemlerinden biri olan bu yöntemde performans ölçümü yapılacak olan fonksiyonların analitik yapıda olduğu varsayılır ve parametrelerin belirlenmesi amaçlanır.

Parametrik yöntemler, çoklu girdi çıktının var olduğu durumlarda değerlendirme yapabilme becerisinden dolayı oran analizine göre gerçekçi ve daha kapsamlıdır. Parametrik yöntemler, regresyon analiz yöntemleri ile karar birimlerinde ki girdi ve çıktıyı değerlendirmeye çalışmaktadır. (Akgül, 2005)

Regresyon analizi oran analizine kıyasla daha güvenilir sonuçlar üretse de bu yöntemde eksik kaldığı bazı noktalar bulunmaktadır. Örneğin regresyon analizi ölçümlerde performansı en iyi olan karar birimini baz almak yerine performans ortalamalarını baz alarak değerlendirme yapmaktadır. Dezavantaj olarak değerlendirilen diğer bir nokta ise birden çok bağımsız değişken ile bağımlı değişken arasında ki ilişkiyi açıklamakta yetersiz kalmasıdır. (Cooper & Kaoru, 2006)

Bahsedilen bu dezavantajlar göz önünde bulundurulunca işletmelerde ölçülmek istenen verimlilik düzeylerinde gerçek yorumlar yapmakta yetersiz kalınmaktadır. Parametrik yöntemlerde etkinlik ölçümü için çoklu regresyon analizlerinden faydalanılmaktadır. Analizde çoklu regresyon doğrusunda altta kalan bölümler etkisiz, doğru üzerinde ki birimler ise etkin kabul edilmektedir. (Çingi & Tarım, 2010)

Çoklu regresyon analizinin girdi ve çıktı değişkenleri arasında ki fonksiyonel ilişkiyi ortaya koyar, güven aralıkları için nokta tahminlerini ortaya koyar, rasgele hata teriminin belirlenmesi gibi avantajları vardır. Dezavantajları ise analiz sonucunda en iyi birimi referans almayıp ortalama performans değerini referans almaktadır. Aynı zamanda çoklu regresyon analizi ile sadece bir çıktı üzerinde çalışılabilmektedir. Diğer bir sakınca ise çoklu regresyon analizi gereğince üretim fonksiyonlarının tek

bir yapıda tanımlanması çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Aynı ürünü üreten işletmeler farklı düzeyde teknolojiye sahip olabilmekte veya farklı girdi değişkenlerini kullanabilmektedirler. Bu da problemleri aynı yapıda tanımlamayı engellemektedir.

1.4.3. Parametrik olmayan yöntemler

Etkinlik ölçümünün rahatlıkla yapılabildiği parametrik olmayan yöntemler, parametrik yöntemlere alternatif olarak geliştirilmiş doğrusal programlama tabanlı bir yöntemdir. Parametrik olmayan yöntemler de hesaplanmak istenen etkinlik değerlerinin doğrusal programlama tabanlı teknikler kullanılarak hesaplanması sonucunda elde edilen etkinlik değerinin belirlenen etkinlik sınırı ile farkı ölçmektedirler. Bu yöntemlerin avantajlarından biri, parametrik yöntemlerin aksine birden fazla bağımlı ve bağımsız değişken kullanabilmeleridir. Veri zarflama analizi (VZA) girdiye ve çıktıya yönelik göreceli etkinliği ölçmek için en çok kullanılan parametrik olmayan yöntemdir. (Kurşun, 2016)

Parametrik olmayan yöntemler etkinliği ölçülen sistemin farklı boyutlarının aynı anda ölçülmesine olanak sağlamaktadır. Parametrik olmayan yöntemlerle etkinlik ölçümü yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta girdi ve çıktı setinin mümkün olan tüm hatalardan temizlenmesidir. Veri tabanlı bir sisteme dayanması nedeniyle girdi ve çıktı setinde var olan hata başarısız sonuçlar üretmeye sebep olabilir. Bu özelliği dezavantaj olarak belirtilebilir.

Etkinlik ölçüm yöntemlerini kendi aralarında özetle kıyaslamak gerekirse oran analizi tek boyutlu tek girdi ve tek çıktının bulunduğu sistemlerde kullanılan oranlamaya dayanan analiz yöntemidir. Parametrik yöntemler yine tek boyutlu ancak çok girdi ve çok çıktının bulunduğu sistemlerde regresyon tabanlı yöntemdir. Parametrik olmayan yöntemler ise çok boyutlu çok girdi ve çok çıktının bulunduğu sistemlerde detaylı bir analiz yöntemidir.

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Her insan gerek özel hayatında gerek iş hayatında sık sık karar verme durumu ile karşı karşıya kalmaktadır. Özel hayatta insanlar bireysel ihtiyaçlarında en basit düzeyde ne giyecekleri, ne yiyecekleri, hatta hangi okulda hangi bölümü okuyacakları gibi konularda kararlar verirken, iş hayatında pazarlama faaliyetleri planlama, üretim planlama, ithalat, ihracat, yatırım gibi konularda kararlar vermektedir. Günümüze farklı sektörlerde var olan birçok işletme ve organizasyon bulunmakta ve maksimum verimlilik, varlığını sürdürübilme gibi amaçlarla bir rekabet içerisinde yer almaktadırlar. Var olan bu rekabet koşullarında alınan kararların doğuracağı sonuçlar çok da basite indirgenmemeli ve kararlar sadece tecrübeler, tahminlere, sezgilere dayanarak değil nicel-nitel verilere dayanarak alınmalıdır.

Bireyler, gruplar, organizasyonlar veya işletmeler herhangi bir konuda veya bir problemde karar verirken çoğu zaman birden fazla kriterle karşı karşıya kalırlar. Örneğin bir insan yalnızca fiyatı göz önünde bulundurarak bir ev almak istemez. Fiyat kriterinin yanında binanın konumu, yaşı, bulunduğu kat, ısınma yöntemi gibi farklı birçok kriteri de göz önünde bulundurmak ister. Birden çok kriteri dikkate alarak en doğru kararı vermeyi, alternatifleri sıralamayı amaçlayan problemler çok kriterli karar verme problemleridir.

Çok kriterli karar verme problemlerinde hedef var olan kriterlerin değerlendirilerek en iyi alternatifin seçilmesidir. Son yıllarda çok kriterli karar verme problemlerinde en ideal seçeneğe karar vermek amacıyla üretilen pek çok yöntem geliştirilmiştir.

2.1. Veri Zarflama Analizi

Veri zarflama yöntemi, Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından 1982-1979 yıllarında ortaya atılmış olup, aynı kombinasyona sahip karar birimleri için göreceli etkinliğin ölçülmesi amacıyla geliştirilen "parametresiz" etkinlik ölçütüdür. İlk başlarda, kar amacı gütmeyen, hizmet amaçlı devlet kurumları, üniversiteler gibi kurumların etkinliklerini karşılaştırmalı olarak ölçülmesi hedeflenen bu metod, daha sonralar da kar amacı güden, mal ve hizmet üretimi yapan, farklı birimlerde birden çok girdi ve

çıktıyı barındıran sektörlerde işletmelerin var olan rekabet koşullarına ayak uydurabilme istekleri ve sektörü analiz edebilme gayeleri ile görece etkinliğinin ölçümünde de kullanılmaya başlanmıştır.

Reel de ürün veya hizmet sektöründe tek girdi ve çıktı ile oran analizi yapabilmek veya tek bağımlı değişkenle etkinlik ölçümü yapabilmek pek mümkün değildir. Farklı operasyonlara, farklı birimlere sahip çoklu girdi ve çıktılarla üretim yapan işletmeler de etkinlik ölçümü için parametrik olmayan yöntemlerden olan Veri Zarflama Analizi yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Firmaların etkinliklerini belirleyebilmeleri ve benzer üretim sektöründeki diğer firmalarla kıyaslama yapabilmelerinin önemini fark etmelerinden bu yana gelişen VZA birçok farklı özelliğe sahiptir. Bunlardan öncelikli bahsedilmesi gerekenler:

- Benzer organizasyonlarda farklı birime sahip birden çok girdi ve çıktıyla etkinlik ölçümü yapabilmesi,
- Doğrusal programlama tabanlı olması,
- Arzu edilen çıktı ve bunun için gerekli olan girdi değişkenleri yerine ağırlıklı ölçüm hesaplar,
- Analiz için ana kütle ortalaması yerine bireysel değerleri baz alır,
- Her bir Karar Verme Biriminin ortalama değil en iyi KVB ile karşılaştırması (Kiran, 2008) (Abraham & Arie, 1994)

Veri zarflama analizi benzer karar verme birimlerinin etkinliklerini ölçerek, etkinsiz olan karar verme birimlerini belirleyebilmekte ve bu etkin olmayan karar verme birimlerinin girdi ve çıktı değişken değerlerinde ne derece artış veya azalış yaparak etkin hale getirileceğini açık bir şekilde ortaya koyabilmektedir.

Veri zarflama analizi üniversite veya kar amacı gütmeyen farklı devlet kurumlarının dışında bankalar, hastaneler, havaalanları, terminaler gibi kar amacı olan kurumlar için de uygulanarak geniş bir alanda kullanılmaktadır.

Veri zarflama analizi etkinlikleri ölçülmek istenen karar verme birimlerini diğer parametrik yöntemlerin aksine pareto etkinlik sınırına olan uzaklığına göre değerlendirir. Bunun aksine diğer yöntemler regresyon doğrusunu temel almaktadır. Parametrik yaklaşımlar da hata teriminin genellikle normal dağıldığı ön koşulu gerekirken VZA da her hangi bir ön koşul gerekmez. Her bir karar verme birimini ayrı ayrı değerlendirmeye alır ve etkinlik sınırının konumuna göre değerlendirir. (Abraham & Arie, 1994)

Veri zarflama analizi kullanım amaçlarından şu şekilde söz edilebilir;

1. Kıyaslanan birimlerin her birinin görelî etkinliklerini belirleyerek etkinsiz birimler için etkinsizliğin kaynağını bulmak,
2. Etkinsiz birimlerin etkinliklerinin artırılması için hedef değerler önermek,
3. Birimlerin karşılaştırılarak etkin girdi-çıkıtı ilişkilerinin belirlenmesi
4. Etkin olmayan birimler için referans kümeleri oluşturularak etkin hale getirmeyi amaçlamak.

2.2. Veri Zarflama Analizi İçin Gerekli Adımlar

VZA uygulaması 8 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar sırasıyla;

- Modelde analiz edilmek istenen benzer karar verme birimlerinin seçimi
- Karar verme birimlerine ait girdi ve çıkıtı değişkenlerinin belirleme
- Analizi gerçekleştirecek verilerin doğru bir şekilde elde etme
- Analizi gerçekleştirecek VZA modelinin seçilmesi ve etkinlik analizini yapma
- KVB'lerinin etkinlik değerlerini bulma
- Etkin olan KVB'lerinden referans kümelerini tespit etme
- Etkinsiz KVB'leri için performans iyileştirme hedeflerini belirleme
- Sonuçları yorumlanma

Etkinliği ölçülmek istenen karar verme birimlerinin seçilmesi, analiz edilecek karar verme birimlerinin homojen olma şartı vardır. Birimlerin her biri için girdi ve çıkıtı değişkenleri aynı olmalıdır. Seçilecek karar verme birimleri yeterli sayıda olmalıdır. Karar verme birimi sayısı hakkında literatürde var olan görüşlerden biri m girdi sayısı, s çıkıtı sayısı, n karar verme birimi sayısı olmak üzere n en az m+s+1 kadar olması gerektiği yönündedir. Diğer bir görüş ise $n \geq \max \{ m*s, 2*(m+s) \}$ olması gerektiği yönündedir.

Girdi ve çıkıtı değişkenlerinin belirlenmesi, VZA' da KVB' nin görelî etkinlikleri belirlenen girdi ve çıkıtılar doğrultusunda belirlenmektedir. Girdi ve çıkıtı değişkenlerinin seçimi bu nedenle oldukça önemlidir ve dikkatle seçilmesi gereklidir. Seçilen girdi ve çıkıtı değişkenleri her bir birim için aynı olmalıdır. Girdiler ve çıkıtılar oluşturulurken eksik veya yanlış bilgi kümesine izin verilmemelidir. Bu durum sağlıklı sonuçlar elde etmeye neden olabilmektedir.

Verilerin güvenilirliği, görelî etkinlikleri ölçülecek karar verme birimlerinin belirlenen tüm girdi ve çıktı değişkenlerinin mevcut ve doğru olması gerekmektedir. Aksi takdirde karar verme birimlerinin görelî etkinlikleri yanlış elde edilebilir veya hiçbir sonuca ulaşamayabilmektedir. Karar verme birimleri hakkında sağlıklı yorum yapabilmek adına verilerin doğruluğu önemlidir.

Görelî etkinlik ölçümü, yapılan analiz için amaca yönelik uygun VZA modeli seçilip görelî etkinlikler bulunmalıdır. Bu analiz için pek çok paket program mevcuttur. Uygulama da kullanılan Frontier Analyst, DEA Solver, EMS en yaygın kullanılan programlardır. Veri zarflama analizinde karar verme birimlerinin görelî etkinlikleri 0 ile 1 arasındaki değerlerle ifade edilir. Görelî olarak etkin olan birimler 1 etkinlik değerini alarak etkinlik sınırı oluştururlar. Etkinlik skorunun 1'den farklı bir değere sahip olması söz konusu karar verme biriminin etkin olmadığı anlamına gelmektedir. VZA'nın en önemli özelliklerinden bir tanesi etkin olmayan her bir karar birimi için ulaşılması beklenen değerler atamasıdır. Analizde referans kümesinde yer alan etkin KVB'nin girdileri ve çıktıları göz önüne alınarak, etkin olmayan karar birimleri için hedef değerler belirlenir ve potansiyel iyileştirme beklenir. Analizcilerin de etkin olmayan bu karar birimlerini etkin kılmak için politikalar geliştirmesine olanak sağlar. Bu sayede karar vericiler birimleri etkin hale getirebilmek için politikalar geliştirilebilir. (Yıldırım & Önder, 2015)

2.3. Veri Zarflama Analizinin Matematiksel Yapısı

Veri zarflama analizinde etkinlik ölçümü ağırlıklandırılmış çıktıların ağırlıklandırılmış girdilere oranı şeklinde ifade edilmektedir. Analiz mümkün olan en iyi etkinlik için ağırlıkların ayrı ayrı tahminine imkan sağlar. Matematiksel ifade ile toplam ağırlıklı çıktıların ağırlıklı girdilere maksimum oranını ifade etmektedir. (Boles & Donthu, 1995)

Veri zarflama analizi matematiksel programlama tabanlı bir analiz metodu olması sebebiyle çoklu girdi ve çıktıya sahip olan üretim süreçlerinde kolaylıkla analiz yapabilmektedir. Analizde dikkate alınan temel etkinlik ölçütü çıktıların ağırlıklı toplamalarının girdilerin ağırlıklı toplamaları ile oranlanmasıdır. Formülize edildiğinde firmaların ağırlıklı toplam girdi oranı Denklem 2.1'de ki gibi olup, v_i ifadesi bir araya getirme sırasında i . girdi için (x_i) atanan ağırlığı sembolize etmektedir. ;

$$\text{Toplam Ağırlıklı Girdi} = \sum_{i=1}^l v_i x_i \quad (2.1)$$

Benzer şekilde, firmanın ağırlıklı toplam çıktısı da aşağıdaki gibi formülize edilir. Temel etkinlik ölçütü gereği iki ağırlıklı değerlerin oranlanması ile etkinlik hesaplanmaktadır. Ağırlıklı toplam çıktı ve etkinlik formülleri Denklem (2.2) ve (2.3)'deki gibidir. Yine burada u_j bir araya getirme esnasında j . Çıktı için (y_j) atanan ağırlığı sembolize etmektedir.

$$\text{Toplam Ağırlıklı Çıktı} = \sum_{j=1}^J u_j y_j \quad (2.2)$$

$$\text{Etkinlik} = \text{Ağırlıklı Toplam Çıktı} / \text{Ağırlıklı Toplam Girdi} = \frac{\sum_{j=1}^J u_j y_j}{\sum_{i=1}^I v_i x_i} \quad (2.3)$$

Şeklinde formüle edilir. (Ramanathan, 2003) Bu oran sonucunda ki değerler 0 ile 1 arasında etkinlik skoru almakta ve 1 değerini alan karar birimi etkin karar birimi olarak referans alınan karar birimidir.

2.4. Veri Zarflama Analizi Modelleri

Etkinlik ölçüm yöntemlerinden parametrik olmayan metotlar içerisinde yer alan VZA matematiksel programlama yöntemini kullanmakta ve karar birimleri için etkinlik sınırı oluşturmaktadır. Oluşturulan bu etkinlik sınırı ile her bir karar birimi arasında ki uzaklığı belirlemekte ve teknik etkinlik ölçümü yapmaktadır. Bu etkinlik ölçümü ağırlıklı çıktının girdiye oranı formülü ile bulunmaktadır ve etkinliğin artırılması için iki seçenek mevcuttur. Bunlardan biri aynı düzeyde çıktı miktarını daha az girdi kullanarak elde etmek. Bir diğeri de aynı girdi miktarı ile daha fazla çıktı elde etmektir.

Birinci seçenekte çıktının sabit tutularak girdi miktarının azaltılması yaklaşımı literatürde Girdiye Yönelik olarak bilinir. İkinci seçenekte çıktı miktarının artırılıp girdi miktarının sabit tutulması yaklaşımı Çıktıya Yönelik olarak bilinmektedir. Girdiye yönelik modelde daha çok çıktıya müdahalenin olmadığı veya az olduğu sistemler de, sabit çıktının mümkün olan en az girdi ile üretimi bilincine dayanmaktadır. Çıktıya yönelik modelde ise aksi şekilde girdiye müdahalenin pek mümkün olmadığı sistemler de, belirli bir miktar girdi ile en fazla üretilebilecek çıktıyı hedeflemektedir. (Yeşilyurt & Alan, Fen Liselerinin 2002 Yılı Göreceli Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi ile Ölçülmesi, 2003)

VZA'nın iki farklı modeli mevcuttur. 1978 yılında Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen ilk model ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanan model CCR modeli olarak literatürde yerini almıştır.

Ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan Banker, Cooper ve Charnes tarafından geliştirilen diğer VZA modeli de BCC modeli olarak bilinmektedir. (Yolalan, 1993)

2.4.1. CCR modeli

CCR modeli, 1978 yılında Charnes, Cooper, Rhodes tarafından çıktı/girdi oranını maksimum kılmak amacıyla doğrusal programlama kullanarak etkinlik ölçümü yapmaktadır. Birçok farklı metot ortaya çıkmasına rağmen CCR en çok kullanılan yöntemlerdendir. Girdi odaklı ve çıktı odaklı olmak üzere iki farklı şekilde kategorize edilebilmektedir.

2.4.1.1. Girdiye yönelik CCR modeli

Girdi odaklı tüm modellerde, sabit bir çıktı miktarını en etkin biçimde elde edebilmek için kullanılacak girdi seviyesini belirlemektedir. Bu analiz yönteminde garanti altına aldığı belli düzey de çıktıyı en az girdi kaynağı ile nasıl elde edileceği üzerinde durulur, girdi seviyesini minimum seviyede kullanmak temel hedeftir. (Chen, 2002)

Etkinlikleri değerlendirilecek n adet karar verme biriminin s kadar çıktı üretebilmesi için m adet girdi tükettiğini varsayarak j. karar verme biriminin girdi düzeyi $x_{ij} \geq 0$ ve yine j. karar verme birimine ait çıktı düzeyi $y_{ri} \geq 0$ olduğu ve her bir karar biriminin mutlaka minimum bir tane pozitif girdi ve çıktıya sahip olduğu varsayımı ile formüle edilecek olunursa;

Primal model için amaç fonksiyonu: (Hsu & Lin, 2007)

$$\text{Max } z = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (2.4)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (2.5)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (2.6)$$

$$y_i, u_r \geq 0 \quad (2.7)$$

Dual model için amaç fonksiyonu;

$$\theta^* = \min \theta \quad (2.8)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^m \lambda_j x_{ij} \leq \theta x_{i0} \quad i=1,2,\dots,m \quad (2.9)$$

$$\sum_{i=1}^m \lambda_i y_{rj} \leq y_{r0} \quad r=1,2,\dots,s \quad (2.10)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j=1,2,\dots,n \quad (2.11)$$

Formüllerde ki;

n= Karar birimi sayısı

s= Çıkan birim sayısı

m= Giren birim sayısı

u_{r0} : r. çıktıya o. KVB tarafından verilen ağırlık

v_{i0} : i. girdiye o. KVB tarafından verilen ağırlık

x_{i0} : o. KVB tarafından kullanılan i. girdi miktarı

y_{r0} : o. KVB tarafından elde edilen r. çıktı miktarı

x_{i0} : j. KVB tarafından kullanılan i. girdi miktarı

y_{r0} : j. KVB tarafından elde edilen r. çıktı miktarı

Şeklinde tanımlanmıştır.

2.4.1.2. Çıktıya yönelik CCR modeli

Çıktıya yönelik CCR modeli var olan girdi düzeyinden daha fazlasına ihtiyaç duyulmadan çıktı miktarının artırılmasını amaçlamaktadır. Önceki kısımda anlatılan girdiye yönelik CCR modelinden farklı olarak girdiyi minimize etmeyi değil çıktıyı maksimize etmeyi amaçladığı için amaç fonksiyonunda çıktı/girdi maksimize değil minimize edilmelidir. (Yolalan, 1993) Çıktıya yönelik CCR modelin primal ve dual modelleri aşağıda formülize edilmiştir. (Aslankaraoğlu, 2006)

Primal model amaç fonksiyonu:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0 \quad (2.12)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} = 1 \quad (2.13)$$

$$u_r, v_i \geq 0$$

Dual model amaç fonksiyonu:

$$\max \sum_{i=1}^s v_i x_{ik} \quad (2.14)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = 1 \quad r=1,2,\dots,s \quad (2.15)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j=1,\dots,n, \quad u_r \geq 0, \quad v_i \geq 0 \quad (2.16)$$

Formülde;

x_{ij} : j. KVB tarafından kullanılan i. girdi miktarı

y_{rj} : j. KVB'nin ürettiği r. çıktı miktarı

x_{i0} : 0. KVB'nin kullandığı i. girdi miktarı

y_{r0} : 0. KVB'nin ürettiği r. çıktı miktarı

u_r : r. çıktıya 0. KVB tarafından verilen ağırlık

v_i : i. girdiye 0. KVB tarafından verilen ağırlık

Şeklinde tanımlanmıştır.

2.4.2. BCC modeli

CCR modelinin ölçeğe göre sabit getiri varsayımında değişiklik yapılarak Banker, Charnes ve Cooper tarafından 1984 yılında geliştirilen BCC modeli ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanır. (Tarım, 2001)

BCC modelinin CCR modeline göre belirgin farkı ölçeğe göre değişken getiri varsayımı altındaki etkinlik skorunun ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında elde edilen etkinlik skorundan daha büyük veya eşit olmasıdır, hiçbir zaman daha küçük

olmayacaktır. Bunun nedeni KVB'nin etkinlik skorunun 1' e eşit olması için hem teknik hem ölçek etkinliğine sahip olması gerektiğidir. (Yavuz, 2001)

2.4.2.1. Girdiye yönelik BCC modeli

Girdiye yönelik BCC modeli de CCR modelindeki gibi sabit bir çıktı düzeyine mümkün olan en az girdi miktarı kullanılarak ulaşmayı hedefler. Girdi yönlü BCC modelinde CCR modelinden farklı olarak bahsedilmesi gereken bir nokta da dual model de $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ kısıtının ve BCC modelinde de u_k kısıtının eklenmesidir. (Abraham & Arie, 1994)

Girdiye yönelik BCC modelinin formülasyonu:

Primal model:

Min θ

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - \theta x_{i0} \leq 0, \quad (2.17)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - y_{r0} \geq 0, \quad (2.18)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (2.19)$$

$\lambda_j \geq 0$

olur. CCR modelinden farklı olarak eklenen değişkenlik kısıtı ile dual modelin formülasyonu; (Aslankaraoğlu, 2006)

Dual model:

$$\text{Max } \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0 \quad u_r \geq 0 \quad (2.20)$$

$$\sum_{i=1}^s v_i x_{i0} = 1 \quad v_i \geq 0 \quad (2.21)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad j=1,2,\dots,n \quad (2.22)$$

Biçiminde yazılabilir.

Girdi yönlü CCR modelinde ve girdi yönlü BCC modelinde teknik etkinlik değerleri kıyaslamasında BCC teknik etkinliği CCR teknik etkinliğinden büyük veya eşit

olmalıdır. Ancak bu durumun tersi söz konusu değildir. ($\theta_{BCC}^* \geq \theta_{CCR}^*$) (Çağlar, 2003)

2.4.2.2. Çıktıya yönelik BCC modeli

Çıktıya yönelik BCC modelinde ise çıktıya yönelik CCR modeli mantığıyla sistemin kullandığı girdi miktarında bir değişiklik yapmaksızın elde edilebilecek maksimum çıktıyı elde etme gayesindedir.

Çıktıya yönelik BCC modelinin primal model amaç fonksiyonu:

Max θ

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - x_{i0} \leq 0 \quad (2.23)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - \theta y_{r0} \geq 0 \quad (2.24)$$

$$\sum_{j=1}^s \lambda_j = 1 \quad (2.25)$$

$$\lambda_j \geq 0$$

Dual model amaç fonksiyonu:

$$\min \sum_{i=1}^s v_i x_{i0} - v_0 \quad v_i \geq 0 \quad (2.26)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} = 1 \quad u_r \geq 0, j=1,2,\dots,n \quad (2.27)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - v_0 \leq 0 \quad i=1,2,\dots,n \quad (2.28)$$

Girdi yönlü model de bahsedildiği şekilde tersinin mümkün olmaması ile birlikte BCC modeli tarafından etkin bulunan karar birimi aynı şekilde CCR modeli ile de etkin bulunur. Aynı zamanda çıktı yönlü BCC modeli etkinlik skoru, çıktı yönlü CCR modelinden her zaman küçük veya eşittir. ($\theta_{CCR}^* \geq \theta_{BCC}^*$) (Çağlar, 2003)

2.4.3. Toplamsal yöntem

Ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan toplamsal yöntem de analizin CCR ve BCC modellerde ki gibi girdiye yönelik mi çıktıya yönelik mi olduğunu belirlemek gerekmemektedir. Toplamsal model diğer iki modelin aksine girdiye yönelik ve çıktıya yönelik varsayımların her ikisini de ele alarak analiz yapan bir veri zarflama analizi modelidir. Yani etkinlik için hem girdinin ne kadar azaltılması gerektiği hem de çıktının ne kadar artırılması gerektiğine karar vermektedir. Toplamsal yöntemde bir etkinlik skoru elde edilmez. Karar verme birimlerinin etkinlik durumu aylak değişken değeri belirler. Karar biriminin etkin kabul edilebilmesi için aylak değişkenlerin sıfır olması gerekir.

2.4.4. Süper etkinlik modeli

Veri zarflama analizi içerisinde farklı varsayımlara dayanan birçok yöntem barındırmaktadır. Bu modellerden biri olan süper etkinlik modelidir. CCR ve BCC modellerinde etkinlik skoru 1 olan karar birimleri etkin kabul edilmektedir. Etkinlik skoru 1 olmayan karar birimleri ise etkin olamayan karar birimidir. Bu sebeple karar birimleri arasında etkinlik sıralaması yapabilmek olanaksızdır. Bu durumu çözüme kavuşturmak amacıyla geliştirilen süper etkinlik yöntemi, etkin karar birimlerinin her birinin diğer tüm karar verme birimleri ile karşılaştırılıp sıralanmasına olanak sağlamaktadır.

Süper etkinlik modeli formülizasyonu; (Öner, 2013)

$$a_p^* = \min a_p \quad (2.29)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1} \lambda_j x_j \leq a_p x_p \quad (2.30)$$

$$\sum_{j=1} \lambda_j y_j \geq y_p \quad (2.31)$$

$$\lambda_j \geq 0 ; j=1,2,3,\dots,N$$

Bu formülde;

X_j : m boyutlu girdi vektörü

Y_j : s boyutlu çıktı vektörünü

λ_j : Karar verme birimlerinin ağırlıklarını

p: Analiz edilen karar verme birimini

a_p^* : p.nci birim için amaç fonksiyonunun optimum değerini ifade etmektedir.

2.5. Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri

VZA'nın uygulamasında en başta uygulama kolaylığı, güvenilir sonuçlar üretmesi gibi tercih edilmesinde etkili olan avantajları bulunmakla birlikte, bazı dezavantajları ve eksik kaldığı noktalarda mevcuttur. Eksik kaldığı noktalarda bazen gerçeği yansıtmayan sonuçlar üretebilmektedir. Öncelikle veri zarflama analizinin sıklıkla tercih edilmesini sağlayan güçlü yönlerinden bahsetmek gerekirse; (Kiani, 2008) (Karacaer, 1998) (Hansson, 2007)

- VZA etkinliği ölçülmek istenen karar birimlerinin tamamının etkin olduğu varsayımıyla hareket etmez, etkinsiz birimlerin de olabileceği görüşündedir.
- VZA da etkin karar birimleri bulunarak, etkin karar birimlerine göre diğer karar birimleri etkinliği ölçülür.
- Farklı birimlere sahip çoklu girdi ve çıktı kümesi ile işlem yapabilmektedir.
- Sınır etkinliği için herhangi bir varsayıma ihtiyaç duymamaktadır.
- Etkinsiz karar biriminin verimini arttırmak için alternatifler üretir.
- Girdi ve çıktı setleri ile çalışıldığı için karar vericinin analizini kolay yapmasını sağlar ve etkinlik arttırmayla ilgili politikalar geliştirmesine yardımcı olur.
- Diğer parametrik yöntemlerin aksine etkinliği ortalama etkinlik düzeyine göre değil her bir karar birimi için en iyiye göre ayrı ayrı değerlendirmektedir.
- Ölçüm hataları göz ardı edilebilmektedir.
- Az sayıda gözlem kümesi ile sağlıklı sonuçlara ulaşabilmektedir.
- Analize ek olarak KVB eklenmesi, mevcut KVB'ler için ölçülmüş olan etkinlik skorunun artmasına neden olmaz,
- Aynı şekilde eklenen girdi veya çıktı da, etkinlik skorunun azalmasına neden olmaz.

VZA zayıf yönler; (Kurşun, 2016) (Aydagün, 2003)

- VZA parametrik olmayan bir yöntem olduğundan dolayı ulaşılan sonuçlar üzerinde istatistiksel hipotez testleri uygulamak zordur. Bu nedenle sonuçlar için anlam seviyeleri belirlenemez.

- VZA nokta tekniği olduğu için girdi ve çıktı verilerinde hatalara yer verilmemesi gerekmektedir. Bu durum sonuçlara yansiyabilmektedir.
- Her karar birimi için ayrı ayrı doğrusal programlama gerektiği için çok boyutlu sistemlerde çözüme ulaşmak zaman alıcı olabilmektedir.
- VZA yöntemi modelleme ve verilerde ki ölçüm hatalarına karşı hassastır.
- Nitel girdi ve çıktı değişkenlerini barındıran sistemlerin etkinlik sonuçları güvenilir olmayabilmektedir.
- VZA da ölçülen performans ile en iyi performans arasındaki fark dışsallık göz ardı edilerek daime verimsizliğe bağlanmaktadır.
- VZA karar birimlerini emsalleri ile göreceli olarak kıyaslamakta başarılıdır ancak tek başına gerçek etkinliğe çok yavaş ulaşmaktadır. Yani bir başka deyişle başvuru grupları kendi başlarına değerlendirildiğinde gerçekten etkin olup olmadığını anlamak güçtür.

Veri zarflama analizinin zayıf olduğu noktalar mevcut olsa bile kullanım kolaylığı sunması, doğru verilerle hızlı ve sağlıklı sonuçlar üretebilmesi açısından kar amacı güden veya gütmeyen bir çok özel ve kamu şirketlerinde etkinlik ölçümünde sıkça kullanılan bir analiz yöntemidir. Artan rekabet koşulları ile işletmelerin analiz ihtiyacı da giderek arttığı için her geçen gün artarak kullanımına devam edilmektedir.

2.6. Entropi Ağırlık Yöntemi

Entropi kavramı ilk olarak 1985 yılında Rudolph Clausius tarafından ortaya konulmuştur. Sonrasında bilgi Entropisi olarak 1948 yılında E.Shannon tarafından geliştirilerek kullanılmaya başlanmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemlerinde kriterlerin önem seviyelerini belirlemek için uygulanan ağırlıklandırma işlemi objektif ve subjektif ağırlıklandırma yöntemleri olarak iki başlığa ayrılmaktadır. Objektif ağırlıklandırma işlemleri içerisinde Entropi Ağırlıklandırma Yönteminde ağırlıklandırma karar matrisinin bilgileri bilindiği durumlar da kullanılabilir. (Bakır & Atalık, 2018) Entropi yöntemi analiz yapılacak karar matrisindeki veriler bilindiğinde, verinin sağladığı faydalı bilginin miktarını ölçmede kullanılan bir analiz yöntemidir. (Kenger & Organ, 2017)

Entropi yöntemi ile karar verme birimlerinin sahip olduğu girdi ve çıktı değerişkenlerinin firmaların verimlilikleri için hangilerinin ne düzeyde önemli olduğu ölçülebilmektedir.

Entropi yöntemi adımları:

1. Adım: Karar matrisinin oluşturulması

Entropi yönteminde ilk olarak diğer karar verme problemlerinde olduğu gibi bir başlangıç matrisi oluşturulmaktadır.

2. Adım: Karar matrisinin normalize edilmesi

Entropi yönteminde ikinci adım olarak karar matrisinin normalizasyonu sağlanmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_i^j x_{ij}} \quad (2.32)$$

i: Alternatif değer

j: Kritik değer

r_{ij} : Normalize edilmiş değer

3. Adım: Her kriter için Entropi değeri hesaplanır.

Normalize edilen karar matrisi ile Entropi değerleri hesaplanır. Entropi değer aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln(r_{ij}) \quad (2.33)$$

k: Entropi katsayısı

r_{ij} : Normalize edilen değer

e_j : Entropi değeri

4. Adım: Farklılaşma derecesi bulunur.

Entropi değerleri kullanılarak her bir kriter için farklılaşma derecesi bulunur.

5. Adım: Entropi ağırlıklarının hesaplanması

Son adım ağırlık değerlerinin hesaplanmasıdır.

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{i=1}^m (1 - e_j)} \quad (2.34)$$

w_j : Ağırlık değeri

Entropi ağırlık değerlerinin büyüklüğüne göre ağırlık değeri en büyük olan kriterin önem seviyesinin en büyük olduğu belirlenir.

2.7. Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (AHP)

Karar verme problemlerinin çözümünde kullanılan metotlardan biri de Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (AHP)'dir. Uygulama kolaylığı ve insan yargıları ile problemin incelenebilmesi açısından oldukça yaygın kullanılan bir yöntemdir. Günümüzde karar verme problemlerinde yaygın olarak kullanılan AHP ilk olarak 1968 yılında Myres ve Alpert tarafından gündeme getirilmiş, 1977 yılında da Saaty tarafından geliştirilmiştir.

AHP nicel ve nitel faktörlerle birlikte karar vermeyi sağlayan güçlü bir yöntemdir. Son yıllarda farklı metotlarla birlikte kullanımına oldukça sık rastlanmaktadır. Özellikle AHP ve Veri Zarflama, AHP ve Topsis yöntemleri birlikte kullanılmaktadır.

AHP yöntemi her bir problem için hiyerarşik model kullanmaktadır. Bu hiyerarşik modeli amaç, kriter, alt kriter seviyeleri ve seçenekler oluşturmaktadır. AHP modelinde hiyerarşinin en üst katmanında amaç bulunmaktadır örneğin tesis yeri seçimi gibi. Bu amacın altında kriterler, alt kriterle ve seçenekler hiyerarşik sırayla yer almaktadır.

AHP yöntemi aşamaları;

- Problemin tanımlanması

AHP yönteminde de diğer tüm karar verme problemlerinde olduğu gibi ilk aşama problemin tanımlanmasıdır. Problem tanımlanırken ilk olarak yöntem uygun olup olmadığı, problemle yöntem arasında ki ilişkinin çözüme uygun olduğu saptanmalıdır.

- Hiyerarşi yapının oluşturulması

İkinci aşamada problemin modeli kurulmaktadır. Hiyerarşi sürecinden oluşan bu modelde en başta amaç bulunmaktadır. Hiyerarşik sırayla kriterler, alt kriterler, seçenekler bulunmaktadır.

- Faktörler arası karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Üçüncü aşamada ölçütlerin alternatiflere göre önem seviyeleri belirlenir. Bu işlem için normalizasyona dayalı yöntem kullanılabileceği gibi farklı paket programları da kullanılabilir.

İkili karşılaştırma matrisinde bulunan puanların açıklamaları ise 1 önem derecesi iki faktöründe eşit öneme sahip olduğunu ifade etmektedir. 3 önem derecesi orta derecede önemlidir, bir alternatif diğerine göre daha fazla öneme sahip anlamına gelmektedir. 5 önem derecesi kuvvetli derecede önemlidir, bir alternatif diğerine göre oldukça daha fazla öneme sahip anlamına gelmektedir. 7 önem derecesi çok kuvvetli önem derecede önemlidir, bir alternatif diğerine göre çok daha fazla öneme sahip anlamına gelmektedir. 9 önem derecesi mutlak derecede önemlidir, bir alternatif diğerine göre kesinlikle daha fazla öneme sahip anlamına gelmektedir. 2,4,6,8 önem dereceleri ara değerler olup faktörler arasında küçük farklar bulunduğu kullanılmaktadır.

- Önem dağılımlarının belirlenmesi

Önem dağılımlarının belirlenmesi işleminde ikili karşılaştırma matrisinde yer alan sütun değerlerinin her birinin toplanarak sütun toplamları ayrı ayrı bulunur. Bulunan sütun toplamlarının kendi sütunundaki değerlere bölünmesiyle normalize edilmiş karşılaştırma matrisi elde edilir. Elde edilen matriste yer alan satır değerlerinin ortalaması alınarak her bir alternatifin birbirlerine göre önem dereceleri belirlenmiş olur.

- Tutarlılık oranının hesaplanması

Matrisler oluşturulurken elde edilen önem değerlerinin tutarlı olup olmadığının kontrol edilmesi sağlıklı sonuçlar adına ciddi bir adımdır. Tutarlılık oranının hesaplanması oluşturulan ikili matrisi ile elde edilen önem değerlerinin çarpılarak bu değer görece önem değerlerine bölünür (W). Elde edilen değerlerin ortalaması alınarak λ değeri elde edilir.

Tutarlılık göstergesi = $\lambda_{max} - n / n - 1$

Tutarlılık oranı = Tutarlılık göstergesi / Rassallık göstergesi

Elde edilen tutarlılık oranının 0.1 den küçük olması istenmektedir.

2.8. Veri Zarflama Analizi Uygulama Alanları ve Literatür Araştırması

Veri zarflama analizi etkinlik ölçümünde güvenilir sonuçlar vermesi ve kolay bir yöntem olması sebebi ile birçok alanda sıkça tercih edilmektedir. Özellikle hastaneler, bankalar, okullar, devlet kurumları, havaalanları başta olmak üzere diğer birçok işletmede de yaygın olarak tercih edilmektedir. Literatürde veri zarflama analizi yöntemi ile yapılmış etkinlik ölçümler mevcuttur. Bunlardan bazıları: (Zhou & Yang, 2018) (Abbas & Ahmad, 2017)

Fazıl Gasımov 2019 yılında yapmış olduğu Banka Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Karşılaştırmalı Ölçümü Türkiye Örneği adlı çalışmasında Türkiye’de bulunan 21 adet bankanın etkinlik ölçümü veri zarflama analizi yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Analizde girdi değişkenleri olarak toplam mevduat, personel giderleri, karşılık giderlerini kullanılmıştır. Çıktı değişkenleri olarak ise; toplam krediler ve faaliyet karı seçilmiştir. Belirlenen girdi ve çıktı değişkenleri doğrultusunda 2015-2017 yılı verileri baz alınarak bankaların görece etkinlikleri belirlenmiştir.

Hülya Güner Ertemoğlu 2019 yılında yapmış olduğu Veri Zarflama Analizi ile Hizmet Sektöründe Performans Değerlendirme: Ticaret İl Müdürlükleri Örneği adlı çalışmasında Türkiye’de bulunan Tüketici Hakem Heyetlerinin göstermiş olduğu faaliyetlerin daha etkin olmasını sağlamak için Tüketici Hakem Heyetlerinin görece etkinliklerini belirlemiştir. Veri zarflama analizi yöntemi ile belirlenen etkinliklerde 2017 verileri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda 23 ilin tam etkin, 58 ilin etkin olmadığı belirlenmiş, etkin olmayan birimler için önerilerde bulunulmuştur.

Ufuk Altınsoy 2018 yılında yapmış olduğu Türkiye’de Meydana Gelebilecek Depremlere Karşı Afet Yönetim Sistemi ve Acil Durum Yönetimi Performansının Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi adlı çalışmasında Türkiye’de meydana gelen dört büyük deprem örneklem olarak ele alınarak Türkiye’deki afet yönetim sistemi performansı veri zarflama analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir. Analiz sonucunda dört büyük depremden Erzincan ve Bingöl depremlerine yapılan müdahalenin etkin bir afet yönetim sistemine sahip olmadan yapıldığı, Marmara ve Van depremlerinin ise etkin bir afet yönetim sistemine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Haibo Zhou ve arkadaşları 2018 de yapmış oldukları Data envelopment analysis application in sustainability: The origins, development and future directions adlı

çalışmalarında parametrik olmayan veri zarflama analizini parametrik bir yonteme dönüştürüp iki aşamalı analiz yapmışlardır.

Nezire Zeynep Taşdemir 2018 yılında yapmış olduğu Sağlık Sektöründe Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü: Samsun İli Örnek Uygulama adlı çalışmasında Samsun'da bulunan 18 adet kamu hastanesinin etkinliği veri zarflama analizi yöntemi ile çözülmüştür. Etkinlik ölçümünde girdi değişkenleri olarak doktor sayısı, poliklinik sayısı, servislerde ki toplam yatak sayısı, toplam yoğun bakım yatak sayısı belirlenmiştir. Çıktı değişkeni ise toplam muayene sayısı, toplam ameliyat sayısı, toplam yatılan gün sayısı, toplam yatan hasta sayısı olarak belirlenmiştir. 2014, 2015, 2016, 2017 yılı verileri dikkate alınarak CCR ve BCC yöntemleri ile etkinlik analizi yapılmıştır.

Abbas Mardani ve arkadaşları 2017 yılında A comprehensive review of data envelopment analysis (DEA) approach in energy efficiency adlı çalışmalarında veri zarflama analizini sürdürülebilirlik hakkında kapsamlı bir literatür çalışması yapmışlar ve gelecekteki çalışmalar için yön belirlemişlerdir.

Bülent Arslan 2017 yılında yapmış olduğu çalışmasında sağlık bakanlığına bağlı ağız ve diş sağlığı hastanelerini seçmiştir. Hastanelerde girdi değişkenleri olarak; diş ünite sayısı, uzman diş hekimi sayısı, diş hekimi sayısı ve çıktı değişkenleri olarak ise; diş çekimi sayısı, kanal tedavisi sayısı, dolgu sayısı ve protez üye sayısı alınarak teknik verimlilikleri araştırmıştır. Performans ölçümü için VZA yöntemiyle EMS programı kullanmıştır.

Zuhal Sarı 2015 yılında yapmış olduğu çalışmada Hacettepe Erişkin Hastanesine bağlı polikliniklerin performansları değerlendirmiştir. Bu polikliniklerin etkinlik ölçümünde en etkili olabilecek girdi-çıktı değişkenleri seçilerek 2012 yılına ait ilgili veri kümesi baz alınarak veri zarflama analizi yöntemi ile görel etkinlikleri belirlenmiştir. Veri Zarflama Analizinin uygulamasında EMS paket programından faydalanmıştır.

Yoluk 2010 yılında yapmış olduğu çalışmada Sağlık bakanlığına bağlı genel eğitim ve araştırma hastaneleri analiz kapsamına almıştır. Hekim sayısı, hemşire sayısı, ameliyat sayısı, yatılan gün sayısı etkinlik ölçümünde girdi ve çıktı değişkenleri olarak kullanılmıştır. Görel etkinlik ölçümünde VZA yöntemiyle DEA Solver , Excel Solver kullanmıştır.

Kavuncubaşı 1996 yılında yapmış olduğu çalışmasında 1994 yılında SSK'ya bağlı olarak hizmet veren ve eğitim amacı gütmeyen hastanelerin örgütsel başarıml düzeyleri Veri Zarflama Analizi yöntemiyle belirlenmiştir.

Osman Şenol, çalışmasında kamu hastaneleri birliklerinde performans ölçümü yapmıştır. Seksen ilin kamu hastanelerini karar birimi olarak belirlenmiş olup hastanelerin yirmi tanesi CCR tekniğine göre otuz bir tanesi BCC tekniğine göre verimli bulunmuştur. Performans ölçümü için VZA yöntemiyle EMS programı kullanmıştır.

Mürsel Güler, çalışmasında hastane kapasitesi ve çalışanlar arasındaki ilişki incelenmiştir. Analiz için bir üniversite hastanesi seçilmiştir. Hastaların taburcu oldukları güne kadar yapılan işlemler ve bu işlemler için kullanılan malzemeler arasında performans ölçümü yapılmıştır.

Kavuncubaşı 1995 yılında yapmış olduğu çalışmasında üç yüz elli hastanenin mülkiyet yapısına, örgütsel büyüklüğüne, eğitim amaçlı yapısına, yerleşim yeri büyüklüğüne göre veri zarflama analizi yöntemiyle verimlilik analizi yapmıştır. Analiz sonucunda %17,7'si verimli %83,3'ü verimsiz olarak bulunmuştur.

Literatürde yukarıda bahsedilen çalışmalara benzer birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmada yapılan çay işletmelerinin görel etkinliklerinin belirlenmesinin daha önce üzerinde çalışılmadığı fark edilmiştir. Çalışmada bu eksiklik giderilmiştir.

3. ÇAY ENDÜSTRİSİNDE GÖRELİ ETKİNLİKLERİN BELİRLENMESİ

3.1. Çalışmanın Amacı

Çalışmada çok kriterli karar verme problemleri içerisinde parametrik olmayan yöntemler de yer alan literatürde çoğunlukla sağlık sektörü ve bankacılık sektöründe uygulamaları mevcut olan Veri Zarflama Analizinin kamu ve özel kuruluşları içeren tarım endüstrisinde uygulanabilirliği gösterilmek istenmiş, çay tarımı ve endüstrisinin literatürdeki eksikliği giderilmesi amaçlanmıştır.

Veri zarflama analizi kullanılarak çay endüstrisinde yer alan yerel ve kurumsal firmalar arasında görelî etkinlikler belirlenmiştir. Veri zarflama analizinde kullanılan girdi ve çıktılarının önem dereceleri AHP ve Entropi ağırlıklandırma yöntemleri ile belirlenmiştir.

3.2. Çalışmanın Kapsamı

Çalışmanın kapsamı çay endüstrisinde yer alan altı fabrika ile sınırlı tutulmuştur. Kamu kuruluşu olan Çaykur, özel sektörde bulunan Lipton, Doğu Çay, Ofçay, Okumuş çay, Hopadan Çay fabrikaları analiz edilmiştir. Çeşitli resmi internet siteleri ve markaların istatistik bölümlerinden elde edilen 2018 yılı verileri baz alınarak analiz yapılmıştır. 2018 verileri kapsamında çay tarımının yapıldığı üç dönem bilgileri mevcuttur.

Türkiye’de çay üretimi denildiğinde akla gelen tek bölge Doğu Karadeniz bölgesidir. Çay tarımı ve endüstrisi bölgenin ekonomik ve sosyal alanda büyük katkı sağlamış ve bölgenin tarımsal yapısını şekillendirmiştir. Türkiye’de 1924 yılında başlayan çay tarımı hızla büyüme sağlamış ve 1988 yılı verilerine göre yaş çay yaprağı üretimi 752.662 ton’dan 2018 yılında 1.500.000 tona kadar ulaşmıştır.

Çay tarımı ve endüstrisi 1984 yılına kadar devlet tekelinde yürütülmüş, çay tarım alanlarının belirlenmesi, yaş çay alımları, işlenmesi, pazarlaması devlet tarafından gerçekleştirilmiştir. 1984 yılından sonra devlet etkinliğini hala sürdürmesi ile birlikte çay endüstrisi özel sektöre de açılmıştır ve birçok üretici firma pazarda faaliyetlerini sürdürmektedir.

Başta Rize ili olmak üzere Doğu Karadeniz kıyı kesiminde bulunan Artvin, Trabzon, Ordu ve Giresun'da, genellikle deniz seviyesinde veya deniz seviyesinin bin metreye kadar yüksek kesimlerinde, 758 bin dekar alanda çay tarımı yapılan Türkiye, yılda 250 bin tonu aşan işlenmiş çay üretimiyle dünya beşincisi, çay tarım alanlarının genişliği bakımından ise dünya yedincisidir. Karadeniz'in doğusunda 200.000'den fazla kişi çay tarımı ile uğraşmakta ve tarımı destekleyen çay endüstrisi de göçü önleyen istihdam sağlamaktadır. Türkiye'de yılda 1.2 ila 1.3 milyon ton yaş çay hasadı gerçekleşmekte, 229 tane özel sektöre ait ve 45 adet kamuya ait fabrika (çay işleme tesisi), yılda yaklaşık 250 bin ton işlenmiş çay üretmektedir.

Türkiye çay sektörünün lider kuruluşu olan Çaykur sermayesi ve işletmesi devlete aittir. Bölgede üreticiler tarafından üretilen yaş çay ürününün yaklaşık %50-55'i Çaykur tarafından satın alınmaktadır. Bu değer yıllar içerisinde ki mevsimsel şartlara ve fabrika özel durumlarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Çaykur'un Türkiye'de işlenmiş çay piyasasındaki pazar payı ise yaklaşık %45-50'dir. Devlet işletmesi olan Çaykur haricinde bölgede önemli pazar payına sahip özel işletmeler ile birlikte pazara yeni açılan küçük işletmeler de mevcuttur. Çalışmada incelemeye alınan ve çay endüstrisinde güçlü pazara sahip Lipton, Ofçay, Doğu Çay bu markalardan bazılarıdır.

Lipton, 1980 yılında Glasgow, İskoçya, Büyük Britanya'da Thomas Lipton tarafından kurulmuştur. Türkiye için önemli bir yatırım olan Lipton'un hizmet bölgesi dünya çapındadır. Bugün itibarıyla 110'dan fazla ülkede satış yapmakta olan Lipton, daha çok Kuzey Amerika, Orta Doğu, Avrupa, Avustralya ve Asya bölgelerinde liderliğini sağlamaktadır. Ayrıca Avustralya ve Yeni Zelanda'nın haricinde Latin Amerika ve Karayipler'de de pazara sahiptir. Türkiye'de de büyük bir pazar payına sahip olup yaş çay satışı açısından çay üreticileri için, işlenmiş çay kalitesi açısından tüketiciler için güçlü bir alternatiftir. Lipton'un Türkiye'de bulunan üç adet fabrikası mevcuttur. Bu fabrikalar 1994 yılında Artvin'in Arhavi ilçesinde, 1986 yılında Rize'nin Pazar ilçesinde ve 1998 yılında Rize'nin Fındıklı ilçesinde kurulmuştur.

Ofçay, Türkiye’de rekabet koşullarında Avrupa’nın örnek alındığı tekelin kalktığı, 1985 yılında kariyer hayatına başlamıştır. Günümüzde 5 adet fabrika, 1 çay ve 1 şeker paketleme tesisi ile 8500 ton yaş çay işleme kapasitesine sahiptir.

Doğuş çay, 1985 yılında bir aile şirketi olarak kurulmuştur. Rize ilinde bulunan 5 adet çay işleme ve Ordu’da 1 adet çay paketleme fabrikası ile yıllık 50.000 ton üretim kapasitesine sahiptir.

3.3. Çalışmanın Yöntemi ve Bulgular

İşletmelerin etkinlik ölçümü işletmeler için gerekli ve bir o kadar da karmaşık bir durumdur. Bu karmaşıklığın ana sebebi rasyonel işletmelerde üretimin gerçekleşebilmesi çoklu girdi ve çıktı değişkenleri ile sağlanmaktadır. Ayrıca üretimde kullanılan çoklu girdilerin ve elde edilen çoklu çıktı değişkenlerinin farklı birimlere sahip olması başka bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Karşılaşılan bu problemler için çözüm sunan VZA çalışmada detaylı şekilde incelenmiş ve performans analizi yapılmak istenen işletmeler üzerinde bu yöntem ile çalışılmıştır.

Veri zarflama analizi, farklı birimlere sahip çoklu girdi ve çoklu çıktının var olduğu sistemler de, etkinlik ölçümünde kolay bir şekilde sağlıklı sonuçlara ulaşılabilen sıklıkla tercih edilen bir analiz yöntemidir. CCR modeli ve BCC modeli ile adlandırılan yöntemlerinin her ikisinde de girdi minimizasyonuna dayanan girdiye yönelik model ve çıktı maksimizasyonuna dayanan çıktıya yönelik modelleri bulunmaktadır. Araştırmada CCR yöntemi ile çıktı maksimizasyonu baz alınarak göreceli etkinlik skorları belirlenmiştir. Veri zarflama analizinde karar verme birimlerine ait olan girdi ve çıktı değişkenlerinin firmaların etkinliklerinde ne derece önem arz ettiğini ölçmek için Entropi ağırlık yöntemi ve AHP kullanılmıştır. İki farklı yöntem ile elde edilen girdi ve çıktı değişkenleri önem dereceleri ile ayrı ayrı analiz edilmiştir.

Araştırmada Veri Zarflama Analizin uygulama adımları sırasıyla uygulanmıştır. Veri zarflama analizi adımları arasında yer alan girdi ve çıktı değişkenleri belirlendikten sonra girdi ve çıktı değişkenleri arasında ağırlık hesaplaması için entropi ve AHP yöntemleri kullanılmıştır. Analizin ilk aşaması olan Karar Verme Birimlerinin seçimi kuralları dikkate alınarak belirlenmiştir.

3.3.1. Karar verme biriminin seçimi

Üretim süreçleri homojen yapıda olan, benzer girdi birleşenleri ile benzer çıktı birleşenlerini üretmekle sorumlu olan işletmelere Karar Verme Birimi (KVB) denir. (Oruç, 2008)

KVB'lerin homojen olması ve sayısı KVB seçiminde kritik noktadır. Karar verme birimlerinin etkinliği veya etkinsizliği belirlenirken KVB sayısının değeri oldukça önemlidir. Karar birimi sayısı hakkında literatürde çeşitli söylemler mevcuttur. Ama basit düzeyde belirtilmesi gereken kural KVB sayısının, girdi ve çıktı sayısından fazla olması yönündedir. Sağlıklı sonuçların elde edilebilmesi için bu kuralın gerekliliğinden bahsediliyor olsa da aksi durumunda mümkün olduğu örnekler mevcuttur. Bu iki nokta göz önünde bulundurularak incelemeye alınan karar verme birimleri sektörün öncü firmaları ve yerel firmalardan seçilmiştir. m girdi sayısı, s çıktı sayısı, n karar verme birimi sayısı olmak üzere n en az $m+s+1$ kadar karar verme birimi olması gerektiği dikkate alınarak karar birimi seçilmiştir.

Araştırma da görelî etkinlikleri analiz edilen Karar Verme Birimleri ;

- Çaykur
- Lipton
- Doğuş Çay
- Ofçay
- Okumuş Çay
- Hopadan Çay

Altı adet karar verme biriminin her birisi için 2018 yılı üç çay dönemi verileri baz alınarak etkinlikleri belirlenmesi amaçlanmıştır. Etkinlik analizi yapılacak bu karar verme birimleri çalışma boyunca $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_6$ şeklinde isimlendirilecektir.

3.3.2. Girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi

Etkinlik analizlerinde güvenilir sonuçlar elde edebilmek için dikkat edilmesi gereken adımların başında girdi ve çıktı değişkenleri seçimi gelmektedir. Veri zarflama analizi ile ilgili yapılmış olan çalışmaların birçoğunda girdi ve çıktı değişkenleri seçimi analiz sonuçlarını önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. Girdi ve çıktı değişkenleri seçiminde dikkat edilmesi gereken özellikler aşağıdaki gibidir. (Canan, 2002)

- a) Karar birimlerinin her bir girdi ve çıktısının sayısal bir değeri olması gerekmektedir ve her karar birimi için bu değerler pozitif olmalıdır.
- b) Karar verme birimlerinin girdi ve çıktıları etkinliği etkileyebilecek özelliklere sahip, işletme için kritik noktaları ifade eden veriler olmalıdır.
- c) Aynı karar birimi içerisinde ki girdi ve çıktı değişkenlerinin birbirleri ile uyumlu aynı birime sahip veriler olma zorunluluğu yoktur. Bir girdi değişkeni çalışan sayısı iken diğer girdi değişkeni hammadde miktarı veya giderler olabilir.

Çalışmada yukarıda belirtilen “girdi ve çıktıların rakamsal değerlerinin pozitif olma şartı” dikkate alınmıştır. Girdi ve çıktı değişkenleri sayısı KVB sayısını etkilemektedir. Girdi ve çıktı sayısını artırma durumunda KVB sayısının artması analizin sağlıklı sonuçlar üretmesi açısından dikkat edilmesi gereken noktadır.

Çay endüstrisinde yer alan işletmeler için belirlenen girdi değişkenleri fabrika sayısı, fabrikaya işleme amacıyla alınan yaş çay miktarı, işlenmek için alınan yaş çaya ödenen paradır. Çıktı değişkenleri yaş çaydan elde edilen kuru çay miktarı, satılan kuru çay miktarıdır. Etkinlik ölçümü girdi değişkeni içerisinde yer alan fabrika sayısı yerine fabrikaların çay işleme kapasitesi getirilerek tekrar gerçekleştirilmiştir. Belirlenen girdi ve çıktı değişkenleri çay endüstrisindeki işletmelerin sürekliliği için üzerinde durulması gereken en önemli değerlerdir. Etkinlikleri belirlenecek KVB’leri için bu değişkenler oldukça önemlidir. Çalışma da etkinlik analizi yapılacak karar verme birimleri için belirlenen girdi ve çıktı grupları Tablo 3.1’ de verilmiştir.

Tablo 3.1. Girdi ve Çıktı Grupları

Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri
Fabrika sayısı / Kapasite	Çıkan kuru çay miktarı
Alınan yaş çay miktarı	Satılan kuru çay miktarı
Yaş çaya ödenen para	

3.3.3. Veriye uygun modelin seçimi

Veri zarflama analizinde diğer uygulama adımı veriye uygun modelin seçilmesidir. Ölçümü yapılacak karar verme birimlerinin seçimi ve girdi çıktı değişkenlerinin belirlenmesinden sonra uygun modelin seçimine karar verilmelidir. Veri zarflama analizinde mümkün olan en az girdi ile hedeflenen çıktıyı elde etmeyi amaçlayan

girdi yönlü model ve sabit bir girdi birleşimi ile elde edilebilecek maksimum çıktıyı elde etmeyi amaçlayan çıktı yönlü model olmak üzere iki farklı şekil de kategorize edilmektedir. Bu iki yaklaşımında uygulanabileceği veri zarflama analizi yöntemler BBC ve CCR yöntemlerdir. Ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayanan CCR modelinde anlayış girdiler üzerinde yapılan artış veya azalış oranı aynı şekilde çıktılar üzerinde görülür şeklindedir. Ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanan BCC modelinde ise girdilerde ki artış miktarına karşılık çıktılarda aynı oranda artış beklenmez, girdilerde ki bu artışa karşılık çıktılar da farklı oranda artış veya azalış gerçekleşebilir görüşündedir. Veri Zarflama Analizi'nin temeli doğrusal programlamaya dayanır ve birçok farklı paket programları ile çözüm gerçekleştirilebilir. Sıklıkla kullanılan paket programları EMS, IDEAS, DEAP, ETAKS, Windows DEA, FRONTIER gibi Windows altında çalışan programlardır. Ve sıklıkla tercih edilmektedir.

3.3.4. Entropi yöntemi ile ağırlıklandırma

Çay endüstrisinde faaliyet gösteren firmalar her yıl üç farklı dönem içerisinde çay üreticilerinden çeşitli bölgelerde açılan çay alım evleri aracılığıyla çayları işlenmemiş ham haliyle almaktadırlar. Alınan yaş çaylar fabrikalarda işlenerek kuru çay haline getirildikten sonra paketlenmekte ve satışa sunulmaktadır. Üretim süreci göz önünde bulundurularak işletmeler için önem arz eden girdi ve çıktı değişkenlerine ait veriler elde edilmiştir. Tablo 3.2'de analizde kullanılan veri kümesi verilmiştir.

Tablo 3.2. Analizde Kullanılan Veri Kümesi

Fabrikalar	Alınan yaş çay(kg)	Yaş çaya ödenen para(tl)	Çıkan kuru çay(kg)	Satılan kuru çay(kg)
K ₁	732.451.820	1.684.750.000	130.731.837	125.400.000
K ₂	120.253.400	240.506.292	22.848.146	19.420.924
K ₃	1.006.986	2.386.556	222.020	457.872
K ₄	47.500.000	95.000.000	10.047.500	9.975.000
K ₅	29.588.687	60.534.653	5.953.935	7.700.474
K ₆	77.500.547	155.030.230	12.200.000	17.000.400

Çalışmanın amacına yönelik olarak altı adet karar verme biriminin 2018 yılı için belirlenen girdi-çıktı verileri ile analiz yapılmış ve göreceli etkinlik değerleri belirlenmiştir. Veri zarflama analizinde kullanılan girdi ve çıktı değişkenlerinin önem dereceleri ilk olarak Entropi yöntemi kullanılarak elde edilmiştir.

1. Adım; Karar matrisinin oluşturulması

İlk olarak tüm problemlerdeki gibi bir başlangıç matrisi oluşturulmaktadır. Ağırlık dereceleri ölçülecek girdi ve çıktı değişkenleri Tablo 3.2' deki gibi başlangıç matrisi olarak belirlenir.

2. Adım; Karar matrisinin normalize edilmesi

Başlangıç matrisinde yer alan tüm sütun değerleri sütun toplamlarına bölünerek normalize edilmiş karar matrisi elde edilir. Normalize edilmiş karar matrisi Tablo 3.3 de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

Fabrikalar	Fabrika sayısı	Alınan yaş çay(kg)	Yaş çaya ödenen para(tl)	Çıkan kuru çay(kg)	Satılan kuru çay(kg)
K ₁	0,746031746	0,726421476	0,752722804	0,718293228	0,696842155
K ₂	0,079365079	0,119263343	0,107454857	0,125536892	0,1079212
K ₃	0,015873016	0,000998695	0,00106628	0,001219867	0,002544374
K ₄	0,047619048	0,047108928	0,042444675	0,055205001	0,055430626
K ₅	0,031746032	0,029345081	0,027046039	0,032713311	0,042791187
K ₆	0,079365079	0,076862478	0,069265345	0,067031701	0,094470457

3. Adım; Her kriter için entropi değeri hesaplaması

Normalize edilen karar matrisinde yer alan her bir değer kendi ln değerine bölünerek entropi değerleri hesaplanır. Hesaplanan entropi değerleri Tablo 3.4 de gösterilmiştir.

Entropi dereceleri bilgilerin önem derecelerini gösterdiklerinden dolayı en büyük entropi değerine sahip bilginin en önemli bilgi olduğu savunulmaktadır. Aynı şekilde entropi değeri düşük olan bilginin ise diğerlerine göre daha az öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3.4. Hesaplanan Entropi Değerleri

Fabrikalar	Fabrika sayısı	Alınan yaş çay(kg)	Yaş çaya ödenen para(tl)	Çıkan kuru çay(kg)	Satılan kuru çay(kg)
K ₁	-0,21858	-0,23218	-0,21382	-0,23767	-0,2517
K ₂	-0,20109	-0,2536	-0,2397	-0,26051	-0,24027
K ₃	-0,06576	-0,0069	-0,0073	-0,00818	-0,0152
K ₄	-0,14498	-0,14393	-0,13411	-0,15991	-0,16034
K ₅	-0,10952	-0,10355	-0,09764	-0,11188	-0,13485
K ₆	-0,20109	-0,19721	-0,18493	-0,18116	-0,2229

Her değer için ayrı ayrı hesaplanan entropi değerleri sonrasında her bir kriter için farklılaşma derecesi hesaplanır.

4. Adım; Entropi ağırlıklarının hesaplanması

Son olarak entropi ağırlıkları elde edilir. Ağırlık değeri en büyük olan değişkenin önem derecesinin büyük olduğu kabul edilir. Bu bilgi analizciye değişkenle ilgili herhangi bir karar verme aşamasında yardımcı olur. Elde edilen entropi ağırlıkları Tablo 3.5 de gösterilmiştir.

Tablo 3.5. Elde Edilen Entropi Ağırlıkları

	Fabrika sayısı	Alınan yaş çay(kg)	Yaş çaya ödenen para(tl)	Çıkan kuru çay(kg)	Satılan kuru çay(kg)
Entropi Ağırlık Değerleri	0,202	0,203	0,223	0,201	0,181

Girdi değişkenlerinde yer alan fabrika sayısı yerine fabrika kapasitesi baz alındığında sonuçların nasıl olacağı analiz edilmek istenmiştir. Bu analiz için de yine ilk olarak entropi ağırlıklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Girdi değişkenlerinden bir tanesi fabrika kapasitesi olduğunda entropi ağırlık değerleri tekrar hesaplanmıştır. Entropi ağırlıkları Tablo 3.6 da gösterilmiştir.

Tablo 3.6. Fabrika Kapasite Baz Alındığında Entropi Ağırlıkları

	Fabrika kapasitesi	Alınan yaş çay(kg)	Yaş çaya ödenen para(tl)	Çıkan kuru çay(kg)	Satılan kuru çay(kg)
Entropi Ağırlık Değerleri	0,191	0,203	0,233	0,201	0,182

Fabrika sayısı ve fabrika kapasitesi değişkenleri ile ayrı ayrı elde edilen ağırlıklar ile veri zarflama analizi her ikisi için yapılmıştır.

3.3.5. Entropi ağırlıkları ile VZA

Etkinliği ölçülecek birimleri, bu birimlerin üretim sürecinde ihtiyacı olan girdi bileşimlerini ve bu girdilerle elde edilmesi amaçlanan çıktı bileşimlerini belirledikten sonra, karar birimleri arasında etkinlik skorlarının hesaplanması aşamasına geçilmektedir. Elde edilen ağırlıklandırmalar ile analiz gerçekleştirilmiştir. Analiz için Frontier Analyst paket programı kullanılmıştır. Entropi ağırlıklandırma yöntemi ile elde edilen ağırlıklar kullanılarak elde edilen etkinlik skorları için paket programı ekran görüntüsü Ek-A' da mevcuttur. CCR yöntemi ile belirlenen etkinlik skorları Tablo 3.7 de verilmiştir.

Tablo 3.7. Elde Edilen Entropi Destekli Etkinlik Skorları (Fabrika Sayısı)

İşletmeler	Etkinlik Skorları	Etkinlik Durumu
K ₁	%81,2	Etkin değil
K ₂	%100	Etkin
K ₃	%100	Etkin
K ₄	%100	Etkin
K ₅	%100	Etkin
K ₅	%85,7	Etkin değil

Entropi destekli analiz sonuçları incelendiğinde 0,81 etkinlik skoru ile K₁, 0,85 etkinlik skoru ile K₆ etkin olmayan karar verme birimi olarak belirlenmiştir.

2018 verileri ile X_1 fabrika sayısı, X_2 alınan yaş çay miktarı, X_3 yaş çaya ödenen para miktarı, Y_1 elde edilen kuru çay miktarı, Y_2 satılan kuru çay miktarı olmak üzere etkin karar verme birimleri arasında yer alan K_2 , K_3 , K_4 , K_5 işletmeleri analizde kullandıkları girdi ve çıktılarının katkı oranları;

K_2 işletmesinin etkinlik analizinde X_1 girdisi %57,9 X_2 girdisi %20, X_3 girdisi %22 oranında katkı sağlamışken Y_1 çıktısı %82 ve Y_2 çıktısı %18 oranında katkı sağlamıştır. K_3 işletmesinin etkinlik analizinde X_1 girdisi %35,3, X_2 girdisi %42,6, X_3 girdisi %22 oranında katkı sağlamışken Y_1 çıktısı %20 ve Y_2 çıktısı %80 oranında katkı sağlamıştır.

K_4 işletmesinin etkinlik analizinde X_1 girdisi %20, X_2 girdisi %20, X_3 girdisi %60, Y_1 çıktısı %73,4 ve Y_2 çıktısı %26,5 oranında katkı sağlamıştır. K_5 işletmesinin etkinlik analizinde X_1 girdisi %19,9, X_2 girdisi %57,9, X_3 girdisi %22, Y_1 çıktısı %71,6 ve Y_2 çıktısı %28,3 oranında katkı sağlamıştır.

Etkin olmayan karar verme birimleri arasında olan K_1 ve K_6 işletmelerinin etkinlik analizinde girdi ve çıktılarının katkı oranları ise; K_1 işletmesinin X_1 girdisi %20, X_2 girdisi %57,9, X_3 girdisi %22, Y_1 çıktısı %82 ve Y_2 çıktısı da %18 oranında katkı sağlamıştır. K_6 işletmesinin etkinlik analizinde X_1 girdisi %58, X_2 girdisi %20, X_3 girdisi %22, Y_1 çıktısı %20 ve Y_2 çıktısı %80 oranında katkı sağlayarak etkinlik analizini tamamlamışlardır.

Veri zarflama analizi göreceli etkinlikleri belirlenen karar verme birimlerinden etkin olmayan birimlerin, etkin birimlerin verimliliğine ulaşabileceklerini savunması ile birçok analiz yönteminden farklılık göstermektedir ve sıklıkla tercih edilmektedir.

Etkin olmayan işletmelerin verimliliklerinde iyileştirme sağlamak amacıyla etkin olan işletmeler referans olmaktadır. Böylece etkin olmayan her karar birimi için etkinlik skorunu arttıracak yönde yönlendirmeler sunmaktadır. Karar verme birimlerinin referans kümeleri ve referans sıklıkları Tablo 3.8 de verilmiştir.

Tablo 3.8. Karar Verme Birimlerinin Referans Sıklıkları

KVB	Etkinlik Skoru	Referans	Referans Sıklığı
K ₄	%100	K ₄	2
K ₁	%81,2	K ₄	0
K ₅	%100	K ₅	2
K ₃	%100	K ₃	1
K ₂	%100	K ₂	1
K ₆	%85,7	K ₅	0

2018 yılı verilerine göre yapılan analiz sonucunda tam etkin olarak belirtilen K₅, K₄ 2'şer kez referans olmuşlardır. Çizelgede KVB sütununda tüm karar verme birimleri bulunmaktadır. Referans sütunun da etkin olan karar verme birimlerinin karşılığında referans olarak kendisi görünmektedir. Etkin olmayan karar verme birimlerinin karşısında ise etkin olan karar verme birimlerinden hangilerinin referans olduğu görünmektedir.

2018 yılı verileri baz alınarak yapılan analiz sonucunda etkinsiz çıkan K₁, etkin işletmeler arasında sayılabilmesi için bazı girdi ve çıktı değişken değerlerinde artış veya azalış gerçekleşmelidir. K₁ işletmesinin performansını arttırabilmesi için fabrika sayısını %17 oranında (bu yaklaşık olarak 8 fabrikaya karşılık gelmektedir)alınan yaş çay miktarını %16, yaş çaya ödenen para miktarını %27 oranında azaltması gerekirken, elde edilen kuru çay miktarını %2 oranında arttırması gerekmektedir. K₆ işletmesinin etkin işletmeler arasında yer alabilmesi için alınan yaş çay miktarını %16 oranında, yaş çaya ödenen para miktarını %15 oranında azaltarak, çıkan kuru çay miktarını %6 oranında arttırması gerekmektedir. VZA bu oranları göz önünde bulundurarak, karar birimlerini etkin kılacak girdi ve çıktı değerlerini önermiştir.

K₆ işletmesinin potansiyel iyileştirilmesini sağlayacak referans kümesini K₅ oluşturmaktadır. Referans kümesine göre fabrika sayısı X₁, alınan yaş çay miktarı X₂, yaş çaya ödenen para X₃, çıkan kuru çay Y₁, satılan kuru çay Y₂ olmak üzere; K₆ işletmesinin girdi verilerini kullanım oranı 100 olarak alındığında, K₅ X₁ girdisini 40, X₂ girdisini 38, X₃ girdisini 39 birim kullandığı anlaşılmaktadır. Bunun sonucunda

elde edilen çıktı değerlerinde de K_6 işletmesinin elde ettiği tüm çıktılar 100 birim iken K_5 Y_1 çıktısını 48, Y_2 çıktısını 45 birim üretmiştir.

K_1 'in verimlilik iyileştirmesi için referans kümesini K_4 oluşturmuştur. Referans kümesine göre K_1 girdi verileri kullanımı 100 birim alındığında, K_4 X_1 girdisini 6 birim, X_2 girdisini 6 birim, X_3 girdisini 5 birim kullanmış görülmektedir ve bunun karşılığında 7 birim Y_1 ve Y_2 çıktısı üretmiştir.

Etkin olmayan karar verme birimlerinin girdi veya çıktılarına belirlenen hedefler doğrultusunda etkin hale getirilebilir veya etkinlik skoru artırılabilir. Bu bilgi doğrultusunda etkin olmayan karar verme birimlerinden K_1 ve K_6 'nın girdi ve çıktı değişkenleri için hedef değerler belirlenmiş ve potansiyel iyileştirilme sağlanmıştır. K_6 için belirlenen hedef girdi çıktı değerleri Tablo 3.9 da verilmiştir.

Tablo 3.9. K_6 Hedef Girdi/Çıktı Değerleri

Girdi/Çıktı	X_2	X_3	Y_1	Y_2
Gerçek Değer	77.500.547	155.030.230	12.200.000	17.000.400
Hedef Değer	75.888.803	155.030.230	15.214.694	19.258.215

K_1 için belirlenen hedef girdi çıktı değerleri Tablo 3.10 da verilmiştir.

Tablo 3.10. K_1 Hedef Girdi/Çıktı Değerleri

Girdi/Çıktı	X_2	X_3	Y_1	Y_2
Gerçek Değer	732.451.820	1.684.750.000	130.731.837	125.400.000
Hedef Değer	732.451.820	1.465.198.032	154.939.958	154.009.575

Etkin olmayan karar verme birimlerinden olan K_1 ve K_6 'nın girdi ve çıktı değişkenlerine hedef değerler atandığında etkin hale getirilmiştir. Tablo 3.5 de K_1 için belirtilen X_2 girdisi 2018 yılında alınan yaş çay miktarıdır. Etkin olmayan K_1 'in

performans iyileştirmesi öngörülerek, alınan yaş çay miktarı 1.611.744 kg azalarak 75.888.803 kg olması önerilmiştir. K_6 'nın X_3 girdi değeri 2018 de alınan yaş çaya karşı ödenen paradır. Belirlenen girdi miktarlarına karşılık Y_1 çıktısının yani 2018 de elde edilen kuru çay miktarının 3.014.694 kg artarak 15.214.694 kg değerine ulaşması sağlanmıştır. 2018 de satılan kuru çay olarak belirlenen Y_2 çıktısının da 2.257.815 kg artış göstererek 19.258.215 kg değerine ulaşması sağlanmıştır. K_1 için aynı şekilde belirlenen X_2 girdisinin sabit kalması öngörülerek, yaş çaya ödenen para miktarı olan X_2 girdisinin 219.551.968 TL azalarak 1.465.198.032 TL olması önerilmiştir. Önerilen bu girdiler karşılığında elde edilen kuru çay miktarının 24.208.121 kg değerinde, satılan kuru çay miktarının 28.609.575 kg değerinde artış gösterecek bir etkinliğe ulaşacağı öngörülmüştür. Hedef değerler doğrultusunda elde edilen skorlar tamamı etkin olmak üzere Tablo 3.11 de gösterilmiştir.

Tablo 3.11. Hedeflenen Etkinlik Skorları

İşletmeler	Var Olan Etkinlik Skorları	Hedeflenen Etkinlik Skorları
K_1	%81,2	%100
K_2	%100	%100
K_3	%100	%100
K_4	%100	%100
K_5	%100	%100
K_6	%85,7	%100

Veri zarflama analizi sonucunda önerilen değerlerle tekrar analiz edildiğinde, K_6 etkinlik düzeyi %85,7 den %100 e çıkarak, K_1 %81,2 etkinlik skorundan %100'e çıkarak tam etkin karar birimlerine dönüşmüşlerdir.

Fabrika sayısı yerine fabrika işleme kapasitesi baz alındığında elde edilen entropi ağırlıkları ile tekrar VZA gerçekleştirilmiştir. Elde edilen etkinlik skorları Tablo 3.12 de gösterilmiştir.

Tablo 3.12. Elde Edilen Entropi Destekli Etkinlik Skorları (Fabrika Kapasitesi)

İşletmeler	Etkinlik Skorları	Etkinlik Durumu
K ₁	%85,5	Etkin değil
K ₂	%83,2	Etkin değil
K ₃	%100	Etkin
K ₄	%97,3	Etkin değil
K ₅	%100	Etkin
K ₆	%100	Etkin

Fabrika kapasitesi baz alındığında etkinlik skor değerlerinin değiştiği görülmektedir. Yeni değerlerde etkin karar verme birimleri arasında yer alan K₂ ve K₄ işletmeleri etkin olmayan karar verme birimleri olmuş ve etkin olmayan karar verme birimi olan K₆ etkin karar verme birimi olarak analiz edilmiştir. Bu farklı sonuçlarla fabrika sayısının kapasite ile aynı değerlendirilemeyeceği açıkça ortaya konulmuştur.

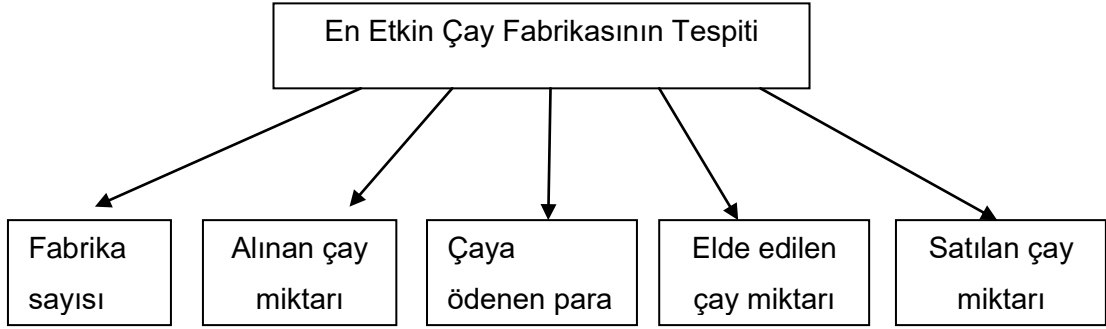
3.3.6. AHP yöntemi ile ağırlıklandırma

Analizi yapılacak girdi ve çıktı değişkenlerinin önem dereceleri bir de ağırlıklandırma yöntemlerinin başında gelen AHP yöntemi ile belirlenmiştir. AHP uygulaması için çay fabrikalarında bulunan 15 uzmanla görüşülmüş ve belirlenen girdi ve çıktı değişkenlerinin önem düzeyleri için bir anket çalışması yapılmış ve analizde AHP yöntemi ağırlıkları uygulanmıştır. Uygulanan anket çalışması Ek B de verilmiştir.

1. Adım; Hiyerarşik yapının oluşturulması

AHP uygulamasında ilk olarak bir hiyerarşi oluşturulmalıdır. Hedef doğrultusunda belirlenen kriterle oluşturulan hiyerarşi sonrasında karşılaştırma yapmak mümkün olmaktadır. AHP uygulanması için oluşturulan hiyerarşik modelin hedefi bu çalışmada etkin çay fabrikası belirlemektir. Bu hedef doğrultusunda oluşturulan faktörler ise veri zarflama analizinde kullanılacak olan girdi ve çıktı değişkenleri yani fabrika sayısı/fabrika kapasitesi, alınan yaş çay miktarı, çay çaya ödenen para, elde edilen kuru çay miktarı, satılan kuru çay miktarıdır.

Oluşturulan hiyerarşik yapı Şekil 3.1 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. AHP Hiyerarşik Yapı

2. Adım; Faktörler arası karşılaştırma matrisinin oluşturulması

Bu aşamada amaç ölçütlerin alternatiflere göre önem seviyeleri belirlenir. Alternatiflerin önem seviyeleri için 1'den 9'a kadar derecelendirilen ikili karşılaştırmalar uzmanlara sunulmuştur.

İkili karşılaştırma matrisinde bulunan puanların açıklamaları ise 1 önem derecesi iki faktöründe eşit öneme sahip olduğunu ifade etmektedir. 3 önem derecesi orta derecede önemlidir, bir alternatif diğerine göre daha fazla öneme sahip anlamına gelmektedir. 5 önem derecesi kuvvetli derecede önemlidir, bir alternatif diğerine göre oldukça fazla öneme sahip anlamına gelmektedir. 7 önem derecesi çok kuvvetli önem derecede önemlidir, bir alternatif diğerine göre çok daha fazla öneme sahip anlamına gelmektedir. 9 önem derecesi mutlak derecede önemlidir, bir alternatif diğerine göre kesinlikle daha fazla öneme sahip anlamına gelmektedir. 2,4,6,8 önem dereceleri ara değerler olup faktörler arasında küçük farklar bulunduğu kullanılmaktadır. Bu ikili karşılaştırma Ek B de görüldüğü üzere örneğin çay fabrikasının etkin olabilmesinde fabrika sayısı mı daha önemlidir satılan çay miktarı mı şeklinde sorular yöneltilerek yapılmıştır. Görüşler sonucunda elde edilen karşılaştırma matrisi Tablo 3.13 de gösterilmiştir.

Tablo 3.13. AHP İkili Karşılaştırma Matrisi

	Fabrika sayısı	Alınan yaş çay	Yaş çaya ödenen para	Çıkan kuru çay	Satılan kuru çay
Fabrika sayısı	1	0,476	0,529	0,183	0,138
Alınan yaş çay	2,1	1	0,465	0,194	0,161
Yaş çaya ödenen para	1,89	2,15	1	0,62	0,162
Çıkan kuru çay	5,46	5,13	1,612	1	0,149
Satılan kuru çay	7,21	6,2	6,17	6,71	1

Elde edilen ikili karşılaştırma matrisi normalize edilerek tutarlılık hesaplanır. Normalize edilmiş karşılaştırma matrisi Tablo 3.14 de verilmiştir.

Tablo 3.14. AHP Normalize Edilmiş İkili Karşılaştırma Matrisi

	Fabrika sayısı	Alınan yaş çay	Yaş çaya ödenen para	Çıkan kuru çay	Satılan kuru çay
Fabrika sayısı	0,056625	0,031827	0,054112	0,021018	0,085714
Alınan yaş çay	0,118913	0,066863	0,047565	0,022281	0,1
Yaş çaya ödenen para	0,107022	0,143755	0,102291	0,071207	0,100621
Çıkan kuru çay	0,309173	0,343006	0,164894	0,11485	0,092547
Satılan kuru çay	0,408267	0,414549	0,631137	0,770644	0,621118

İkili karşılaştırma matrisi normalize edildikten sonra ölçüt ağırlıkları hesaplanarak tutarlılık belirlenmelidir.

3. Adım; Tutarlılık hesaplanması

Matris oluşturulduktan sonra elde edilen önem seviyelerinin tutarlı olup olmadığı incelenmelidir. Bu adımda tutarlılık hesaplanmaktadır.

Tutarlılık oranı 0,08 olarak elde edilmiştir. bu değer 0,10 dan küçük olduğu için tutarlı kabul edilmektedir.

4. Adım; AHP ağırlıkları hesaplanması

Etkinlik skoru belirlemek için kullanılacak AHP ağırlıkları Tablo 3.15 de gösterilmektedir. Uzmanlarla görüşülerek elde edilen bu ağırlıklar ile entropi yöntemi ile elde edilen ağırlıklar farklıdır. Nihayetinde elde edilecek etkinlik skorları da farklı olacaktır.

Tablo 3.15. AHP Yöntemi ile Elde Edilen Ağırlıklar

	Fabrika sayısı	Alınan yaş çay(kg)	Yaş çaya ödenen para(tl)	Çıkan kuru çay(kg)	Satılan kuru çay(kg)
AHP Ağırlık Değerleri	0,05	0,07	0,11	0,201	0,572

AHP yöntemi ile elde edilen girdi ve çıktı değişkenleri önem dereceleri; fabrika sayısı %5, alınan yaş çay miktarı %7, yaş çaya ödenen para %11, elde edilen kuru çay miktarı %20, satılan kuru çay miktarı %57'dir.

3.3.7. AHP yöntemi ağırlıkları ile VZA

Uzman görüşleri alınarak elde edilen ağırlıklar ile yapılan veri zarflama analizinden elde edilen sonuçlar Tablo 3.16 da gösterilmiştir. Analiz sonucu elde edilen etkinlik skorlarının paket programı ekran görüntüsü Ek C de mevcuttur.

Tablo 3.16. Elde Edilen AHP Destekli Etkinlik Skorları (Fabrika Sayısı)

İşletmeler	Etkinlik Skorları	Etkinlik Durumu
K ₁	%75,7	Etkin değil
K ₂	%100	Etkin
K ₃	%100	Etkin
K ₄	%94,3	Etkin değil
K ₅	%100	Etkin
K ₅	%86,4	Etkin değil

AHP destekli veri zarflama analizi sonucunda elde edilen değerler incelendiğinde Entropi destekli veri zarflama analizi sonucundan farklı olarak K₄ işletmesinin de etkinliğinin tam etkin olmadığı görülmektedir. Uzman görüşü ile elde edilen önem

dereceleri sonucunda K_1 %75,7 ile, K_4 %94,3 ile K_6 %86,4 ile etkin olmayan karar verme birimleri arasında yer almaktadır.

Veri zarflama analizi görel etkinlikleri belirlenen karar verme birimlerinden etkin olmayan birimlerin, etkin birimlerin verimliliğine ulaşabileceklerini savunması ile birçok analiz yönteminden farklılık göstermektedir ve sıklıkla tercih edilmektedir. Etkin olmayan işletmelerin verimliliklerinde iyileştirme sağlamak amacıyla etkin olan işletmeler referans olmaktadır. Böylece etkin olmayan her karar birimi için etkinlik skorunu arttıracak yönde yönlendirmeler sunmaktadır. Karar verme birimlerinin referans kümeleri ve referans sıklıkları Tablo 3.17 de verilmiştir.

Tablo 3.17. Karar Verme Birimlerinin Referans Sıklıkları

KVB	Etkinlik Skoru	Referans	Referans Sıklığı
K_4	%94,3	K_5, K_2	0
K_1	%75,7	K_5, K_2	0
K_5	%100	K_5	4
K_3	%100	K_3	1
K_2	%100	K_2	4
K_6	%85,7	K_5, K_2	0

2018 yılı verilerine göre AHP destekli yapılan analiz sonucunda tam etkin olarak belirtilen K_5 , K_2 4'er kez referans olmuşlardır. Çizelgede KVB sütununda tüm karar verme birimleri bulunmaktadır. Referans sütunun da etkin olan karar verme birimlerinin karşılığında referans olarak kendisi görünmektedir. Etkin olmayan karar verme birimlerinin karşısında ise etkin olan karar verme birimlerinden hangilerinin referans olduğu görünmektedir.

Etkin olmayan karar verme birimleri arasında yer alan K_1 işletmesinin potansiyel iyileştirilmesini sağlayacak referans kümesini K_5 ve K_2 işletmeleri oluşturmaktadır. Referans kümesine göre fabrika sayısı X_1 , alınan yaş çay miktarı X_2 , yaş çaya ödenen para X_3 , çıkan kuru çay Y_1 , satılan kuru çay Y_2 olmak üzere; K_1 işletmesinin girdi verilerini kullanım oranı 100 olarak alındığında, K_5 X_1 girdisini 4, X_2 girdisini 4, X_3 girdisini 3 birim kullandığı anlaşılmaktadır. Bunun sonucunda elde edilen çıktı

değerlerinde de K_6 işletmesinin elde ettiği tüm çıktılar 100 birim iken K_5 Y_1 çıktısını 4, Y_2 çıktısını 6 birim üretmiştir. K_2 işletmesi ise X_1 girdisini 10, X_2 girdisini 16, X_3 girdisini 14 birim kullandığı anlaşılmaktadır. Bunun sonucunda elde edilen çıktı değerlerinde de K_6 işletmesinin elde ettiği tüm çıktılar 100 birim iken K_5 Y_1 çıktısını 17, Y_2 çıktısını 15 birim üretmiştir.

Etkin olmayan K_4 işletmesinin referans kümesini yine K_2 ve K_5 işletmeleri oluşturmaktadır. K_4 işletmesinin girdi verilerini kullanım oranı 100 olarak alındığında, K_5 X_1 girdisini 66, X_2 girdisini 62, X_3 girdisini 63 birim kullandığı anlaşılmaktadır. Bunun sonucunda elde edilen çıktı değerlerinde de K_6 işletmesinin elde ettiği tüm çıktılar 100 birim iken K_5 Y_1 çıktısını 59, Y_2 çıktısını 77 birim üretmiştir. K_2 işletmesi ise X_1 girdisini 166, X_2 girdisini 253, X_3 girdisini 253 birim kullandığı anlaşılmaktadır. Bunun sonucunda elde edilen çıktı değerlerinde de K_6 işletmesinin elde ettiği tüm çıktılar 100 birim iken K_5 Y_1 çıktısını 227, Y_2 çıktısını 194 birim üretmiştir.

Etkin olmayan K_6 işletmesinin referans kümesini de K_2 ve K_5 işletmeleri oluşturmaktadır. K_1 işletmesinin girdi verilerini kullanım oranı 100 olarak alındığında, K_5 X_1 girdisini 40, X_2 girdisini 38, X_3 girdisini 39 birim kullandığı anlaşılmaktadır. Bunun sonucunda elde edilen çıktı değerlerinde de K_6 işletmesinin elde ettiği tüm çıktılar 100 birim iken K_5 Y_1 çıktısını 48, Y_2 çıktısını 45 birim üretmiştir. K_2 işletmesi ise X_1 girdisini 100, X_2 girdisini 155, X_3 girdisini 155 birim kullandığı anlaşılmaktadır. Bunun sonucunda elde edilen çıktı değerlerinde de K_6 işletmesinin elde ettiği tüm çıktılar 100 birim iken K_5 Y_1 çıktısını 187, Y_2 çıktısını 114 birim üretmiştir.

Etkin olmayan karar verme birimlerinin girdi veya çıktılarına belirlenen hedefler doğrultusunda etkin hale getirilebilir veya etkinlik skoru artırılabilir. Bu bilgi doğrultusunda etkin olmayan karar verme birimlerinden K_1 , K_4 ve K_6 'nın girdi ve çıktı değişkenleri için hedef değerler belirlenmiş ve potansiyel iyileştirilme sağlanmıştır. K_6 için belirlenen hedef girdi çıktı değerleri Tablo 3.18 de verilmiştir.

Tablo 3.18. K₆ Hedef Girdi/Çıktı Değerleri

Girdi/Çıktı	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂
Gerçek Değer	77.500.547	155.030.230	12.200.000	17.000.400
Hedef Değer	65.666.562	134.147.619	13.164.271	19.258.215

K₁ için hedeflenen girdi/çıktı değişkenleri Tablo 3.19 da verilmiştir.

Tablo 3.19. K₁ Hedef Girdi/Çıktı Değerleri

Girdi/Çıktı	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂
Gerçek Değer	732.451.820	1.684.750.000	130.731.837	125.400.000
Hedef Değer	515.528.667	1.145.423.609	154.939.958	138.836.856

K₄ için hedeflenen girdi/çıktı değişkenleri Tablo 3.20 de verilmiştir.

Tablo 3.20. K₄ Hedef Girdi/Çıktı Değerleri

Girdi/Çıktı	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂
Gerçek Değer	47.500.000	95.000.000	10.047.500	9.975.000
Hedef Değer	43.977.989	89.728.008	8.789.384	10.917.256

Girdi ve çıktı değişkenleri hedef değerler doğrultusunda gerçekleştiğinde etkinlik skorları tamamı %100 olarak elde edilmektedir.

Tüm işletmeler için girdilerde yer alan fabrika sayısı değişkeni yerine fabrika kapasitesi kullanılarak etkinlik ölçümü yapılmıştır. Fabrika kapasitesi, alınan yaş çay miktarı, alınan yaş çay miktarına ödenen para, elde edilen kuru çay miktarı ve satılan kuru çay miktarı değişkenlerinin önem derecelerinin belirlenmesi adına uzman görüşünden faydalanılarak AHP uygulanmıştır. Elde edilen ağırlıklar ile yeni girdi değişkeni ile tekrar etkinlik ölçümü yapılmıştır. Kapasite baz alınarak yapılan etkinlik ölçümünün sonucu Tablo 3.21 de gösterildiği gibidir.

Tablo 3.21. Elde Edilen AHP Destekli Etkinlik Skorları (Fabrika Kapasitesi)

İşletmeler	Etkinlik Skorları	Etkinlik Durumu
K ₁	%76,4	Etkin değil
K ₂	%70,2	Etkin değil
K ₃	%100	Etkin
K ₄	%88,1	Etkin değil
K ₅	%100	Etkin
K ₅	%100	Etkin

Fabrika sayısı yerine kapasite baz alınarak yapılan etkinlik ölçümünde diğer etkinlik ölçümlerinden farklı olarak K₆ işletmesinin etkin olduğu görülmektedir. K₂ işletmesi ise diğer etkinlik skorlarından farklı olarak etkisiz olduğu görülmektedir. K₁ işletmesi ise girdi değişkeninin fabrika sayısı olduğu durumda da fabrika çay işleme kapasitesi olduğu durumda da etkin olmayan karar verme birimi olarak saptanmış ve üretim sürecinde girdi miktarına karşılık daha az miktarda çıktı elde ettiği anlaşılmıştır.

Fabrika kapasitesi baz alındığında Entropi ve AHP ile elde edilen ağırlıklar sonucunda ulaşılan sonuçlar da etkin olmayan karar verme birimlerinin aynı olduğu görülmektedir. Fabrika sayısı baz alınarak yapılan etkinlik ölçümünde ise AHP ile elde edilen ağırlıklar sonucunda ulaşılan etkinlik skorlarında Entropiden farklı olarak K₂ işletmesinin de etkin olmayan karar verme birimleri arasında olduğu görülmektedir. Farklı ağırlıklarla yapılan analizler sonucunda elde edilen skorların tümü tablo 3.15 de gösterilmiştir.

Tablo 3.22. Analizler Sonucunda Elde Edilen Tüm Skorlar

İşletmeler	Fabrika Sayısı Baz Alındığında		İşleme Kapasitesi Baz Alındığında	
	Entropi Destekli	AHP Destekli	Entropi Destekli	AHP Destekli
K ₁	%81,2	%75,7	%85,5	%76,4
K ₂	%100	%100	%83,2	%70,2
K ₃	%100	%100	%100	%100
K ₄	%100	%94,3	%97,3	%88,1
K ₅	%100	%100	%100	%100
K ₅	%85,7	%86,4	%100	%100

Tablodan görüldüğü üzere AHP ve Entropi yöntemleri ile elde edilen etkinlik skorları farklı farklıdır. Girdi değişkeni olan fabrika sayısının, fabrika işleme kapasitesi olarak değiştirildiğinde de hem entropi destekli çözümler hem AHP destekli çözümlerde farklılıklar olduğu görülmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kaynakların sınırsız ihtiyaca cevap veremediği günümüz koşullarında, işletmelerin rekabet koşulların da hedefledikleri kar oranlarını yakalayabilmeleri ve faaliyetlerini sürdürebilmeleri açısından mevcut kaynaklarından optimal şekilde faydalanmaları ve elde edebilecekleri en fazla çıktıyı mümkün olan en az girdi miktarı ile üretmeleri bir zorunluluktur. Rekabet koşullarının neden olduğu bu zorunluluk, işletmelerin; karar verme birimlerini, hedefledikleri ve bu hedeflere kıyasla gerçekleştirdikleri üretim miktarlarını, tüketicilerin arzuladığı kalite oranlarına ne kadar cevap verebildiklerini, işletme içerisinde ki çalışan birey ve örgütleri, üretim sistemlerini, rakiplerini analiz ederek en iyi üretim koşullarına sahip olmak için gerekli tedbirleri almaya yöneltmiştir.

Tam olarak bahsedilen maksimum etkinlik noktasıdır. Firmalar tek girdi ve tek çıktı durumunda etkinlik analizini oran analizi ile basit düzeyde yapabilmekte, çoklu girdi ve çıktının söz konusu olduğu üretim koşullarında ki reel de üretim koşulları bu şekilde olmakla birlikte etkinlik hesaplamalarında regresyon analizleri yapabilmektedir. Farklı birimlere sahip girdi, çıktı değişkenlerinin var olduğu üretim koşullarında mevcut durumun ortaya koyulması, karar verme birimlerinin birbiri ile kıyaslanması, etkin olmayan birimlerin belirlenmesi ve referans kümelerinin oluşturulmasını sağlayan veri zarflama analizi bu çalışma için de temel olarak belirlenmiştir. Veri zarflama analizi, birden fazla girdi ile birden fazla çıktı elde edilen durumlarda kullanılan etkinlik analiz metodudur. Veri zarflama analizinde bir karar verme biriminin maksimum etkinliği %100 veya 1,00 değerine sahip olabilmektedir. Ve bu etkinlik skoruna sahip karar verme birimleri tam etkin olarak belirlenmektedir. 1,00 etkinlik skorunun altında kalan karar verme birimleri ise etkin olmayan karar verme birimleridir. Veri zarflama analizi bu etkin olmayan karar verme birimlerinin etkinlik skorunun, 1,00 değerine ulaşarak tam etkin olabileceklerini veya sahip oldukları etkinlik skorunun üzerinde bir değere ulaşabileceklerini savunmaktadır. Bu anlayışla birlikte etkin olmayan karar verme birimlerinin performans iyileştirmeleri için hedef değerler belirlemektedir. Veri zarflama analizinin özellikle bu yaklaşımı etkinlik analizlerinde çok fazla tercih edilmesini sağlamaktadır.

Çalışmanın birinci kısmında öncelikle performans değerlendirme, verimlilik, etkinlik konularının da detaylı bilgiler verilmiştir. Çalışma amacına uygun biçimde özellikle etkinlik kavramına detaylı şekilde yer verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde etkinlik ölçme yöntemi olan veri zarflama analizi açıklanmıştır. Veri zarflama analizinin matematiksel yapısı, güçlü ve zayıf yönleri ve veri zarflama analizi yöntemleri üzerinde durulmuştur.

Çalışmanın uygulama kısmı olan üçüncü bölümünde çay endüstrisinde bulunan şirketlerin göreceli etkinlikleri belirlenmek amacıyla, çay endüstrisindeki şirketler tanımlanmış, veri zarflama analizi 2018 verileri baz alınarak paket programı kullanılarak yapılmıştır. Etkinlikleri belirlenen karar verme birimlerinin sahip olduğu girdi ve çıktı değişkenlerinin bu birimlerin etkinliklerine katkıları Entropi ağırlıklandırma yöntemi ve AHP yöntemi ile ölçülmüştür. Göreceli etkinlikleri belirlenen altı adet firma için CCR yöntemi çıktı maksimizasyonu ile yapılan Entropi destekli analizde dört adet firma etkin olup iki adet firma 1,00 etkinlik skorunun altında bir değer olarak etkin olmayan karar verme birimi olarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda tam etkin çıkan firmalar K_2 , K_3 , K_4 , K_5 olup etkin olmayan firmalar K_1 ve K_6 olarak belirlenmiştir. Aynı girdi ve çıktı değişkenleri kullanılarak AHP ile elde edilen ağırlıklar baz alınıp etkinlik ölçümü gerçekleştirildiğinde ise K_1 ve K_6 yine etkin olmayan karar verme birimi seçilmekle birlikte Entropi destekli sonuçlardan farklı olarak K_4 işletmesi de etkin olmayan karar verme birimi olarak belirlenmiştir. Girdilerde bulunan fabrika sayısı değişkeni yerine fabrika çay işleme kapasitesi değişkeni getirilip Entropi ve AHP destekli etkinlik ölçümü yapıldığında ise K_1 , K_2 , K_4 işletmeleri etkin olmayan karar verme birimi olarak belirlenmiştir. Yapılan tüm analizler değerlendirildiğinde K_1 işletmesinin her durumda etkisiz olduğu saptanmıştır. Başta K_1 işletmesi olmak üzere etkin olmayan karar verme birimleri için, etkin karar verme birimlerinin hangilerinin ne sıklıkla referans olduğu belirlenmiş ve bu referans alınan karar verme birimleri ile kıyaslamaları yapılarak etkin firmalar arasına katılabilmeleri amacıyla girdileri ne ölçüde azaltmak gerektiği çıktıları ne ölçüde arttırmak gerektiğini ifade eden hedef değerler belirlenmiştir. Tam etkin seviyeye ulaşılabilmesi için yeni çay sezonu döneminde araştırma bulguları kısmında belirlenen hedef değerler doğrultusunda üretim yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Abbas M., Ahmad J., Data Envelopment Analysis Application in Sustainability: The Origins, Development and Future Directions, *European Journal of Operational Research* , 10.1016/j.ejor.2017.06.023.

Abraham C., Arie W., *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application* ,1st ed., Springer, İsviçre, 1994.

Akal Z., *İşletmelerde Performans Ölçüm ve Denetimi; Çok Yönlü Performans Göstergeleri*, 2th ed., MPM, Ankara, 1992.

Akgül A., *Tıbbi Araştırmalarda İstatistiksel Analiz Teknikleri "SPSS Uygulamaları"*, 1st ed., Mustafa Kitabevi, Ankara , 2005.

Aslankaraoğlu N., Veri Zarflama Analizi ve Temel Bileşenler Analizi ile Avrupa Birliği Ülkelerinin Sıralanması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2006, 180186.

Aydağün A., Veri Zarflama Analizi, *Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü HUTEN Yıl Sonu Semineri*, İstanbul, Türkiye, 10-12 Haziran 2003.

Bakır M., Atalık Ö., Entropi ve Aras Yöntemleriyle Havayolu İşletmelerinde Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 10.20491/isarder.2018.410.

Boles J., Donthu N., Salesperson Evaluation Using Relative Performance Efficiency: The Application of Data Envelopment Analysis, *Journal of Personal Selling & Sales Management* ,1995, **15**(3), 31-49.

Canan A. Z., *Bölgesel Rekabet Edebilirlik Kapsamında İllerin Kaynak Kullanım Görece Verimlilikleri: Veri Zarflama Analizi Uygulaması*, 1st ed., Devlet Planlama Teşkilatı Yayınları, Ankara, 2002.

Chen Y., Continuous Optimization Output–Input Ratio Analysis and DEA Frontier, *European Journal of Operational Research*, 10.1016/s0377-2217(01)00318-6.

Cooper W., Kaoru T., *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Application. References and DEA-Solver*, 2th ed., Springer, İsviçre, 2006.

Çağlar A., Veri Zarflama Analizi ile Belediyelerin Etkinlik Ölçümü, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2003, 131124.

Çingi S., Tarım A., Malmqoist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi* , 2010, **39** (2), 276-280.

Demirci A., *Teori ve Uygulamalarla Veri Zarflama Analizi*, 1.Baskı, Gazi Kitabevi, Ankara, 2018.

Erişir E., Bankacılık Sektöründe Verimlilik Değerlendirmesi; Türkiye ve Avrupa Birliği Ülkeleri Üzerine Ampirik Çalışmalar, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, İstanbul, 2013, 340305

Gülcü A., Coşkun A., Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Göreceli Etkinlik Analizi, *Cumhuriyet Üniversitesi İ.B.B Dergisi*, 2004, 5 (2), 87-104.

Hansson H., The Links Between Management's Critical Success Factors and Farm Level Economic Performance on Dairy Farms in Sweden, *Food Economics*, 10.1080/16507540701415019.

Hsu C. S., Lin J. R., Mutual Fund Performance and Persistence in Taiwan: A Non-Parametric Approach, *The Service Industries Journal*, 10.1080/02642060701411658.

Karacaer Ş., Antalya Yöresindeki 4 ve 5 Yıldızlı Otellerde Toplam Etkinlik Ölçümü: Bir Veri Zarflama Analizi Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 1998, 73533.

Kayalıdere K., Kargın S., Çimento ve Tekstil Sektöründe Etkinlik Çalışması ve Veri Zarflama Analizi, *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2004, 6 (1), 198-202.

Kenger M. D., Organ A., Banka Personel Seçiminin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Entropi Temelli Aras Yöntemi ile Değerlendirilmesi, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2017, 4 (4), 152-170.

Kiani A. K., An Empirical Analysis of TFP Gains in The Agricultural Crop-Sub-Sector of Punjab: A Multi Criteria Approach, *European Journal of Scientific Research*, 2008, 28(3), 87-97.

Kıran B., Kalkınmada Öncelikli İllerin Ekonomik Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemi ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana, 2008, 228914.

Kurşun S., Veri Zarflama Analizi ile Performans Değerlendirme: Katılım Bankacılığı Sektöründe Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016, 444940.

Oruç O. K., Veri Zarflama Analizi ile Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri ve Üniversitelerde Bir Uygulama, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2008, 215698.

Öner B., Türkiyede İllerin Ekonomik Performanslarının Veri Zarflama Analizi ve Temel Bileşenler Analizi Yöntemleri ile Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 2013, 346012.

Özdemir K., Hızlı Verimlilik Değerlendirme (QPA) Yaklaşımı ile Verimlilik Ölçümü ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya, 2007, 215212.

Ramanathan R., *An Introduction to Data Envelopment Analysis – A Tool For Performance Measurement*, 1st ed., Sage Publications, US, 2003.

Tarım A., *Veri Zarflama Analizi Matematiksel Programlama Tabanlı Görelî Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı*, 1st ed., Sayıştay Yayınları, Ankara, 2001.

Yakut E., İmalat Sanayisinde Firma Etkinliğinin Ölçümü ve Finansal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Gaziantep, 2008, 219814.

Yavuz İ., *Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama*, 1st ed., Milli Prodüktivite Merkezi, Ankara, 2001.

Yeşilyurt C., Performans Ölçümünde Kullanılan Parametrelî ve Parametresiz Etkinlik Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2018, **22**(3), 2941-2953.

Yeşilyurt C., Alan A., Fen Liselerinin 2002 Yılı Göreceli Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi ile Ölçülmesi, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2003, **4** (2), 91-104.

Yıldırım B. F., Önder E., *Operasyonel, Yönetmel ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*, 1st ed., Dora Yayınevi, Bursa, 2015.

Yolalan R., Veri Zarflama Yöntemi, *Verimlilik Dergisi*, 1993, **5**(3), 132-141.

Zhou H., Yang Y., Data Envelopment Analysis Application in Sustainability: The Origins, Development and Future Directions, *European Journal of Operational Research*, 2018, **264** (1), 1-16.



EKLER

Ek-A

Unit name	Units	Comparison 1		
		Score	Efficient	Condition
K1		81,2%		●
K2		100,0%	✓	●
K3		100,0%	✓	●
K4		100,0%	✓	●
K5		100,0%	✓	●
K6		85,7%		●

Şekil A.1. Paket Programı Entropi Etkinlik Ölçümü Ekran Görüntüsü



Ek-B

Çay Fabrikalarının Etkinliğinin Belirlenmesi

Sayın Katılımcı,

Anketimiz, Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Programında “ Çay Endüstrisinde AHP ve Entropi Destekli Veri Zarflama Analizi İle Etkinlik Ölçümü” konulu bitirme tezi kapsamında yürütülmektedir.

Çay fabrikalarında etkinlik belirlemede kullanılacak kriterlerin hangisinin daha önemli olduğunu belirleyebilmek adına sizden birtakım faktörleri karşılaştırmanızı istemekteyiz. Çalışmanın güvenilirliği açısından tüm soruları eksiksiz olarak cevaplamanız önemlidir. Ayırmış olduğunuz zaman, göstermiş olduğunuz ilgi ve değerli katkılarınızdan dolayı teşekkür ederiz.

Saygılarımızla

Dr. Yıldız Şahin

Hilal Dindar

hilal_dindar@hotmail.com

Genel Bilgiler

Eğitim Seviyeniz

- Lisans
- Yüksek Lisans
- Doktora

Çay Endüstrisinde Toplam Tecrübeniz

- 1 yıldan az

- 1-3 yıl
- 3-5 yıl
- 5-10 yıl
- 10 yıl ve fazlası

İzleyen sayfada sizlerden çay işletmelerinin etkinliğinin belirlenmesinde kullanılacak kriterlerin sizin için önem derecelerini verilen ölçek üzerinde kendi aralarında ikili karşılaştırma yaparak **değerlendirebilmeniz için örnek verilmiştir.**

Değerlendirme örneği;

Çay işletmelerinin etkinliğini belirlemek için kullanılacak kriterlerden hangisinin sizin için önemi daha fazladır?

1= Eşit

3= Biraz daha fazla

5= Daha fazla

7= Çok daha fazla

9= Aşırı derecede daha fazla

2,4,6,8= Ara değerler

Çay fabrikasının etkinliğinin belirlenmesinde eğer fabrika sayısının önemi ile alınan yaş çay miktarının önemini eşit olduğunu düşünüyorsanız aşağıdaki gibi 1 sayısını işaretleyiniz.

Tablo B.1. AHP Anket Uygulama Örneği-1

Fabrika sayısı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alınan yaş çay miktarı
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------

Çay fabrikasının etkinliğinin belirlenmesinde eğer sol taraftaki fabrika sayısının öneminin sağ taraftaki alınan yaş çay miktarının öneminden “ Çok daha fazla ” olduğunu düşünüyorsanız aşağıdaki gibi sol taraftaki “7” sayısını işaretleyiniz.

Tablo B.2. AHP Anket Uygulama Örneği-2

Fabrika sayısı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alınan yaş çay miktarı
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------

Çay fabrikasının etkinliğinin belirlenmesinde eğer sağ taraftaki alınan yaş çay miktarının öneminin sol taraftaki fabrika sayısının öneminden “ Biraz daha fazla ” olduğunu düşünüyorsanız aşağıdaki gibi sağ taraftaki “3” sayısını işaretleyiniz.

Tablo B.3. Anket Uygulama Örneği-3

Fabrika sayısı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alınan yaş çay miktarı
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------------------

İzleyen sayfada sizlerden çay işletmelerinin etkinliğinin belirlenmesinde kullanılacak kriterlerin sizin için önem derecelerini verilen ölçek üzerinde kendi aralarında ikili karşılaştırma yaparak **değerlendirmeniz istenmektedir.**

Tablo B.4. AHP Anket Çalışması

Fabrika sayısı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alınan yaş çay miktarı
Fabrika sayısı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaş çaya ödenen para
Fabrika sayısı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Elde edilen kuru çay
Fabrika sayısı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Satılan kuru çay
Alınan yaş çay miktarı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Yaş çaya ödenen para
Alınan yaş çay miktarı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Elde edilen kuru çay
Alınan yaş çay miktarı	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Satılan kuru çay
Yaş çaya ödenen para	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Elde edilen kuru çay
Yaş çaya ödenen para	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Satılan kuru çay
Elde edilen kuru çay	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Satılan kuru çay

Ek- C

Unit name	Units	Comparison 1		
		Score	Efficient	Condition
K1		75,7%		●
K2		100,0%	✓	●
K3		100,0%	✓	●
K4		94,3%		●
K5		100,0%	✓	●
K6		86,4%		●

Şekil C.1. Paket Programı AHP Etkinlik Ölçümü Ekran Görüntüsü



KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

Özcan B., Sahin Y., **Dindar H.** , Bagdatli Z. B., Statistical Comparison of Artificial Intelligence Techniques for Traveling Salesman Problem, *In Proceedings of 158th The IIER International Conference*,Tokyo, Japonya, 29-30 March 2018.



ÖZGEÇMİŞ

1992 yılında Artvin’de doğdu. 2011 yılında öğrenim hayatına başladığı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünden 2015 yılında mezun oldu. Şubat 2017 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı.

