



ANALYSIS OF THE EFFECT OF SMART CONTROL TECHNOLOGIES ON ENERGY EFFICIENCY WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN COOLING SYSTEMS

Ahmet Ergülen*, **Halim Kazan****, **Mustafa Aydınli*****

*Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey,**Istanbul University,Istanbul,Turkey, Necmettin Erbakan University, Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey***

Email:aergulen@konya.edu.tr*,halim.kazan@istanbul.edu.tr**,maydinli42@outlook.com***

Copyright © 2017 Ahmet ERGÜLEN, Halim KAZAN, Mustafa AYDINLI. This is an open access article distributed under the Eurasian Academy of Sciences License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

Refrigeration machines and associated equipment among the cold storage components used in food storage are among the most electricity consuming appliances. Accordingly, intelligent control Technologies for energy saving in cooling systems are extremely important in terms of maximizing savings and energy efficiency in cooling systems is analyzed by artificial neural network approach. In this study, it is assumed that the cooling system of a cold air system is between the dates of 27.06.2017-12.07.2017 (Time Interval -1), between 12.07.2017-27.08.2017 (Time Interval -2) and 27.08.2017-13.09.2017 (Time Interval-3) The new generation Octosense refrigeration control device developed with intelligent cold storage management logic in the system was the old type control device which is widely used in the sector between 12.07.2017-27.08.2017 and the Octosense control device was used between 27.08.2017-13.09.2017. In the study, the effects of different control devices on the electricity consumption of the same cooling system were investigated. Using the electricity consumption data obtained from the test, a model was set up for estimating savings with artificial neural networks. The results obtained by testing the model were evaluated. According to the model results, when the old type standard algorithm controller is used in the system, the electricity consumption at interval 2 is 41.3% compared to the system using Octosense at time interval 1 and 60.3% more than the system using Octosense at time interval 3. Consistent operation of the control systems in the cooling systems provides economic return to the cold store operator. The key to achieving energy savings is the use of automatic control applications as a tool. Results of the study; The acceptance of new technology costs almost always requires economic justifications, evaluations. Making accurate predictions and creating a realistic forecasting model for saving is an important step. Because future projects are likely to be affected in large party by these results.

Keywords: Artificial Neural Networks, Energy Efficiency, Cold Storage Management, Control Systems, Estimated Electricity Savings

JEL Classification: C-C4-C45



Soğutma Sistemlerinde Akıllı Kontrol Teknolojilerinin Enerji Verimliliğine Etkisinin Yapay Sinir Ağları İle Analizi

ÖZET

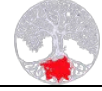
Gıdaların muhafazasında kullanılan soğuk hava depoları bileşenleri arasında yer alan soğutma makineleri ve buna bağlı donanımlar en fazla elektrik tüketen cihazlar arasında yer alırlar. Buna bağlı olarak soğutma sistemlerinde enerji tasarrufuna ilişkin geliştirilen akıllı kontrol teknolojileri, maksimum tasarruf ve enerji verimliliği sağlamak açısından son derece önemlidir. Bu çalışmanın amacı; Soğutma sistemlerinde akıllı kontrol teknolojilerinin enerji verimliliğine etkisinin yapay sinir ağları yaklaşımıyla analiz edilmesidir. Bu çalışmada bir soğuk hava tesisine ait soğutma sisteminin 27.06.2017 –12.07.2017 tarihleri (Zaman Aralığı- 1) arasındaki, 12.07.2017-27.08.2017 (Zaman Aralığı-2) tarihleri arasındaki ve 27.08.2017-13.09.2017 (Zaman Aralığı-3) tarihleri arasında elektrik tüketimleri incelenmiştir. Sistemde akıllı soğuk depo yönetim mantığı ile geliştirilen yeni nesil Octosense soğutma kontrol cihazı, 12.07.2017-27.08.2017 tarihleri arasında sektörde yaygın olarak kullanılan standart algoritmali eski tip kontrol cihazı, 27.08.2017-13.09.2017 tarihleri arasında ise tekrar Octosense kontrol cihazı kullanılmıştır. Çalışmada aynı soğutma sisteminde farklı kontrol cihazları kullanarak cihazların elektrik tüketimine etkileri incelenmiştir. Testten elde edilen elektrik tüketim verileri kullanılarak yapay sinir ağları ile tasarruf tahmini için model oluşturulmuştur. Model test edilerek elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Model sonuçlarına göre sistemde eski tip standart algoritmali kontrolör kullanıldığı zaman aralığı 2’ deki elektrik tüketimi, zaman aralığı 1 ‘de Octosense kullanılan sisteme göre %41.3, zaman aralığı 3’te Octosense kullanılan sisteme göre %60.3 daha fazla elektrik tüketmiştir. Soğutma sistemlerinde kontrol sistemlerinin tutarlı çalışması, soğuk depo işletmecisine ekonomik getiri sağlar. Enerji tasarrufu elde etmenin önemi otomatik kontrol uygulamalarının bir araç olarak kullanılmasındır. Çalışmanın sonuçları olarak, yeni teknoloji maliyetinin kabulü neredeyse her zaman ekonomik gerekçeler, değerlendirmeler gerektirmektedir. Doğru öngörülerde bulunmak ve elde edilecek tasarruf konusunda gerçekçi bir tahmin modeli oluşturmak önemli adımlardır. Çünkü gelecek muhtemel projeler büyük oranda bu sonuçlardan etkilenecektir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları, Enerji Verimliliği, Soğuk Depo İşletmeciliği, Kontrol Sistemleri, Elektrik Tasarruf Tahmini

JEL Sınıflaması: C-C4-C45

1. GİRİŞ

Kaynakları hızla tükenmekte olan dünyamızda, kullanılan enerji miktarının hızla artması ve buna bağlı olarak ekosistem dengesinin bozulması sadece çevreyi koruma konusunda değil, aynı zamanda enerji kullanımı üzerinde de yeni yaklaşımların oluşmasına neden olmuştur. Ekonomik kaygılar, soğuk depo işletmecileri ve otomatik kontrol uygulamaları önündeki en büyük engeldir. Yeni teknoloji maliyetinin kabulü neredeyse her zaman ekonomik gerekçeler, değerlendirmeler gerektirmektedir. Doğru öngörülerde bulunmak ve elde edilecek tasarruf konusunda gerçekçi hesaplamalar yapmak bir otomatik kontrol projesi için önemli adımlardır. Çünkü gelecek muhtemel projeler büyük oranda bir öncekinin sonuçlarından etkilenecektir. Otomatik kontrol iyileştirmeleri sonucunda elde edilen tasarrufun elle tutulur sonuçları olmasına rağmen, çalışma öncesi tahminde bulunmak zorlu bir süreçtir. Maliyet tahminleri birer beklenti olduğu için bu durum soğuk depo işletmecileri için bir ikilem doğurur. Maliyet analizleri zaman alıcı ve pahalı olabilir. Bu yönüyle de projelerin önünde bir engel olarak görülebilir. Dolayısıyla bir sistem yaklaşımı içerisinde enerji tasarrufuna yönelik verimlilik analizi değerlendirmelerinin ne derece önemli olduğunu göstermektedir. Verimlilik analizine veri olarak girdi sağlayacak mevcut durumun doğru ve gerçekçi olarak en iyi şekilde ifade edilmesi ihtiyaç duyulan yerlerde kontrol sistemlerinin araç olarak kullanılmasına olanak sağlayacaktır. (Onat ve İsa, 2012:255)



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

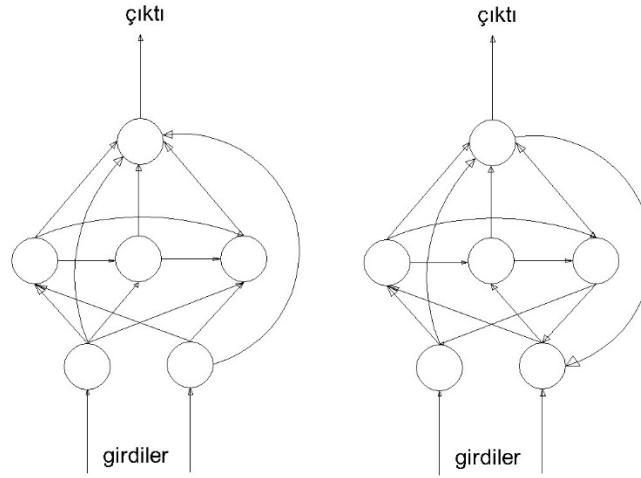
Enerji ülkelerin kalkınma politikaları içinde hayati önem taşıyan stratejik öneme sahiptir. Sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek için enerji politikalarının belirlenmesinde doğru ve güvenilir tahmin çalışmalarının yeri büyüktür. Yapay sinir ağları YSA, tahmin sonuçlarında oldukça başarılı sonuçlar vermekte ve doğrusal olmayan problemleri modelleyebilmesi ile diğer tahmin yöntemlerinin önüne geçmektedir. Hamzaçebi ve Kutay (2004) uzun dönemli elektrik enerjisi tüketimi tahmininde yapay sinir ağlarını kullanmışlardır. Yapay sinir ağları tekniği ile bulunan sonuçlar, Box-Jenkins modelleri ve regresyon tekniği ile karşılaştırılmıştır. Bulunan sonuçlar yapay sinir ağlarının elektrik enerjisi tüketiminde iyi bir tahmin aracı olduğunu göstermiştir. Kavaklıoğlu ve ark. (2009) Türkiye elektrik tüketimini tahmin etmek için; yapay sinir ağlarıyla 1975-2006 yılları arasındaki verileri kullanarak 2027 yılına kadar elektrik tüketimini tahmin etmişlerdir. Soğutma sistemlerinde enerji verimliliğine yönelik literatür araştırmasında buna benzer çalışmaların bulunmadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle bu çalışmanın bu alanda literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağı biyolojik sinir sistemlerinden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işleme paradigması olup, temelde çok sayıda bağlantı işlem elemanının (nöron=sinir hücresi) bir problemi çözmek için beraberce çalışması temeline dayanmaktadır. Bir yapay sinir ağı, örüntü tanıma veya veri sınıflama gibi özel bir uygulama için yapılandırılabilir. Biyolojik sistemlerde öğrenme, sinir hücreleri arasında bulunan sinaptik bağlantıların düzenlenmesine dayanmaktadır. Yapay sinir ağı da insandaki gibi örnekle öğrenmektedir. Yapay sinir ağlarına, paralel dağıtık işlem modelleri, bağlantıcı modeller, uyarlamalı sistemler, özörgütlemeli sistemler, nöral hesaplama, nöromorfik hesaplama gibi isimlerde verilmektedir. (Baykal ve Beyan, 2004:23) YSA'ların uygulama alanları oldukça geniştir. YSA'lar sadece bir mühendislik tekniği değildir. Fen Bilimleri, matematik, tıp, işletme, finans, istatistik vb. bir çok alanda YSA yardımı ile çözülmüş oldukça fazla problem vardır. Başlıca uygulama alanları; Sınıflandırma, kümeleme, örüntü tanıma, fonksiyon yaklaşımı, tahmin, optimizasyondur. (Hamzaçebi, 2011:24)

3. 1. Yapay Sinir Ağları ve Mimarisi

“Ve”, “veya”, “değil” dışındaki bazı Boolean fonksiyonları tek bir sinir hücresi ile gerçekleştirmek mümkün değildir. Bu sorun bazı sinir hücrelerinin çıkışlarını diğerlerine giriş olarak bağlamak şeklinde çözülebilir. Böylece yapay sinir hücrelerinden yapay sinir ağı elde edilmiş olur. Yapay sinir ağı üç (veya daha çok) katman içerisinde ve her katmanda paralel olarak hücrelerin bir araya gelmesi ile oluşturulur. İlk katman girdi katmanı, ikincisi ara katman ve üçüncüsü de çıktı katmanı'dır. Girdi katmanındaki düğümler dış dünyadan gelen verileri ara katmana iletir. Ara katmandakiler bu verileri işler. Çıktı katmanı ise ara katmandan gelen verileri işleyerek gereken çıktıyı üretir ve dış dünyaya gönderir. (Baykal ve Beyan,2004:24)

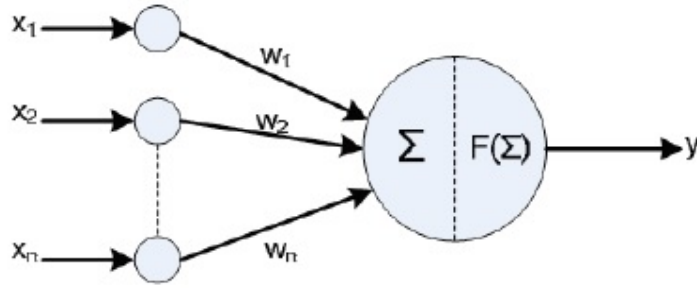
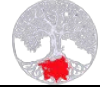


Şekil 1. Sinir ağıları. Solda ileri beslemeli sinir ağı, sağda geri beslemeli sinir ağı
(Baykal ve Beyan,2004:24)

Yapay sinir ağı ileri beslemeli ve geri beslemeli olarak sınıflandırılabilir. İleri beslemeli sinir ağıları'nda yalnızca ileri besleme bağlantıları vardır, yani bunlarda geri besleme döngüleri bulunmaz. Bir düğümün çıktısı kendisi için doğrudan ya da dolaylı bir şekilde girdi olarak kullanılmaz. Bunlar örüntü tanımda yaygın olarak kullanılırlar. Bu tip örgütlenme yukarıdan aşağıya ya da aşağıdan yukarıya olarak tanımlanmaktadır. Bunun tersine, geri beslemeli sinir ağıları'nda geri besleme döngüleri vardır. Bir düğümün çıktısı kendisinde doğrudan ya da dolaylı olarak girdi olarak kullanılabilir. Geri beslemeli sinir ağılarında, geri besleme döngüleri dolayısıyla ağların durağan olacağı garantisizdir. Bir kısmı sabit bir noktaya yakınsarken, bir kısmı sınırlı döngüye sahip veya kaotik veya iraksak olabilir. Bu durum, geri beslemeli doğrusal olmayan sistemlerin yaygın özelliğidir. Bundan dolayı etkileşimli ya da tekrarlayıcı olarak tanımlanırsa da, tekrarlayıcı tanımlama daha çok tek katlı yapılarıdaki geri besleme bağlantılarını nitelemektedir. (Baykal ve Beyan, 2004:24)

3. 2. Yapay Sinir Ağları Yapısı

YSA, beynimizdeki nöronlara benzer bir biçimde meydana getirilen yapay nöronların değişik geometri bağlantıları ile birbirlerine bağlanmasıyla meydana gelen sistemlerdir. Şekil 2 'de nöron yapısı gösterilmektedir. Girdiler sinir hücresine girdikten sonra ilgili bağlantı ağırlıkları ile çarpılırlar, daha sonra bir birleştirme fonksiyonu (genellikle toplama fonksiyonu) ile birleştirilirler ve böylece nöronun net girdisi elde edilir. Net girdi bir aktivasyon fonksiyonu tarafından işlenir. Aktivasyon fonksiyonunun çıktısı ise nöronun net çıktısını tayin eder. (Çırak ve Korcak, 2017:187) Son derece basitleştirilmiş biyolojik modele dayanan sanal nöronun biçimsel tanımı McCulloch ve Pitts tarafından formüle edilmiştir. (Nabiyev, 2010:554)



Şekil 2. Nöronun Yapısı (Çırak ve Korcak, 2017:187)
(Structure of neuron)

3.2.1. Çok Katmanlı Sinir Ağı

Gerçek hayatta karşılaşılan birçok problemin esas özelliği olan doğrusal ayrılamama özelliğine sahip problemler için çok katmanlı YSA'ları kullanılır. Geri yayılımda en çok kullanılan algoritma, en küçük hata kareleri ortalaması öğrenme algoritmasıdır. BPLMS öğrenme algoritması, elde edilen gerçek çıktı ile problemin çözümünde istenilen çıktı arasındaki hata kareleri ortalamasını ağırlıklarını kullanarak en aza indirgeyen algoritmadır. YSA parametrelerinin güncellenmesinde en fazla kullanılan metot ise hata geriye yayma metodudur. (Şahin,2001)

$$RMS = \left[\frac{1}{p} \sum_j I t_j - o_j I^2 \right]^{1/2}$$

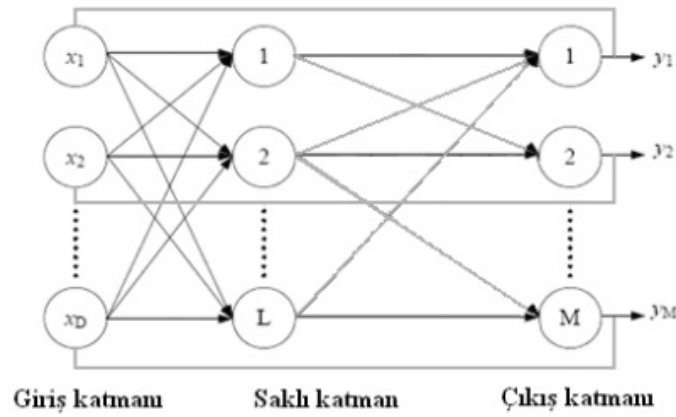
$$R^2 = 1 - \left[\frac{\sum_j (t_j - o_j)^2}{\sum_j (o_j)^2} \right]$$

$$OYH \% = \frac{\sum_j \left(\frac{t_j - o_j}{t_j} \times 100 \right)}{p}$$

Burada t hedef değer, o çıktı değeri ve p ise numunedir.

3.2.2. Geri Beslemeli Ağlar

Gerri beslemeli ağlar, nöronların ileri yöndeki işlemlerin yanı sıra geri yönde işlemlere de sevk edildikleri ağ türleridir. Yani bir katmandaki nöronların, yalnız ilerideki katmanlarla değil kendi katmanları ve gerilerindeki katmanlarla da bağlantıları bulunur. Böylece girdiler hem ileri hem de geri yönde iletilmiş olur. Gerri beslemeli ağlarda dinamik bir ağ yapısı söz konusudur. Bu tür ağ yapılarının önemli bir özelliği bölgesel dağıtılmış hafızaya sahip olmalarıdır. Şöyle ki, ağıın belirli bir andaki çıktısı hem o andaki hem de daha önceki anlardaki girdilere ilişkin veriyi içermektedir. (Dede, 2008:13)



Şekil 3. Geri beslemeli ağ yapısı (Dede, 2008:13)
(Feed-Forward Backpropagation)

Şekil 3'te geri beslemeli ağların genel yapısı görülmektedir. Bu ağlarda iletim hızı ileri beslemeli ağlara kıyasla daha düşüktür. Bunun sebebi, geri besleme döngülerinin ağıın genelini belli bir gecikmeye uğratmasıdır. (Dede, 2008:13) Geri beslemeli yapay sinir ağları karmaşık bir çalışma düzenine sahip olmalarına rağmen, dinamik hafızaları nedeniyle önceden tahmin uygulamalarında başarılı sonuçlar verirler. (Baş,2006:32)

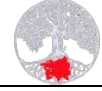
4. UYGULAMA ÇALIŞMASI

4.1. Kullanılan Yapay Sinir Ağı Yapısının Düzeni

Tahmin problemi için Öyle bir geri yayımlı sinir ağı bulalım ki, (gözlemlenen değerler – sinir ağıının ürettiği değerler) en az olsun. (Çelikoğlu,2006:445) Yapılan çalışmada, tanımladığımız problemin çözümü için öncelikle model girdileri belirlenmiştir. Daha sonra ağı oluşturacak katmanlara ve kullanılacak fonksiyonun çeşidine karar verilmiştir.

4.2. Verilerin Seti

Çalışmada; Bir soğuk hava tesisine ait soğutma sisteminin 27.06.2017 –30.07.2017 tarihleri (Zaman Aralığı- 1) arasındaki, 31.07.2017-05.09.2017 (Zaman Aralığı-2)tarihleri arasındaki ve 06.09.2017-13.09.2017 (Zaman Aralığı-3) tarihleri arasında elektrik tüketimleri incelenerek bir zaman serisi oluşturulmuştur. Değerlendirmeler 2017 yılının ilk 6 ayında gözlemlenen verilere göre yapılmıştır. Tablo 1'de veri kümesi özellikleri özetlenmiştir.

**Tablo 1.** Test İçin Şehir Dış Hava Sıcaklıkları

Test İçin Şehir Dış Hava Sıcaklıkları (Outside Air Temperatures Of City In Summer For Test)		
Şehir Adı	°C	Antalya
Kış Sıcaklığı	°C	3
Yaz Kuru Term. Sıcaklığı	°C	39
Yaz Yaş Term. Sıcaklığı	°C	28

Tablo 2. Soğuk Hava Sisteminin Özellikleri

Soğuk Hava Sisteminin Özellikleri (Refrigerating System Properties)	
Kontrolör	Set Değeri
Soğuk Oda Kontrol Cihazı -1	- 20 °C
Soğuk Oda Kontrol Cihazı -2	- 20 °C
Soğuk Oda Kontrol Cihazı -3	- 20 °C
Soğuk Oda Kontrol Cihazı -4	8 °C
Soğuk Oda Kontrol Cihazı -5	9 °C
Soğuk Oda Kontrol Cihazı -6	10 °C
Soğuk Oda Kontrol Cihazı -7	11 °C
Soğuk Oda Kontrol Cihazı -8	12 °C

Tablo 3. Değerlendirilen Veri Kümesine İlişkin Bilgiler

Değerlendirilen Veri Kümesine İlişkin Bilgiler (The Evaluated Data Set Information)	
Veri Tipi	Elektrik Tüketimi (Birimi : kWh)
Çalışma Alanı	Soğutma Sistemi
Xmin	208,737
Xmax	283,398
Ortalama Değer	251,6694
Gözlem Süresi	45 Gün



Tablo 4. Hesaplanan Ağ Giriş Verileri

CALCULATED INPUT VALUES(NORM)		
STANDART TYPE CONTROLLER	OCTOSENSE	DIFFERENCE %
1	0,773697111	0,874301988
0,852790225	0,668863262	0,851997437
0,755270303	0,631266659	0,81242621
0,661381647	0,646200828	0,733048258
0,728968455	0,635539304	0,790539001
0,886713318	0,495131327	1
0,506804486	0,641137944	0,616551215
0,513432375	0,632927499	0,62851055
0,39592945	0,722411969	0,455808889
0,323403457	0,79862311	0,32509562
0,369660714	0,679270302	0,468278277
0,156602503	0,675814682	0,267440759
0	0,60990343	0,160640948
0,170128695	0,067987303	0,822588911
0,277262091	0,028073559	0,943525077
0,225789718	0	0,927792259
0,38938434	0,240607546	0,850297261
0,359611267	0,643709567	0,489081619
0,224161718	1	0,051359842
0,104042957	0,909457414	0

	STANDART TYPE CONTROLLER	OCTOSENSE	DIFFERENCE %
MİN	521,58	208,737	0,488117861
MAX	702,784	283,398	0,639865388
MAX - MİN	181,204	74,661	0,151747527
1/MAX - MİN	0,005518642	0,013393874	6,589893236

Veri seti içerisinde tasarruf değerlerinin belirlenebilmesi amacıyla ağ giriş verileri için bir dönüşüm işlemi yapılmıştır. Bu işlem için;

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Formülü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Burada X' veri değeri X ile gösterilen ham verinin normalize edilmiş halini göstermektedir. X_{max} ve X_{min} ise veri setindeki maksimum ve minimum değerleri göstermektedir. Normalize edilmiş 60 verinin % 80 'i ağın eğitimi için, % 20'si ise eğitilen ağın test edilmesi için kullanılmıştır. Eğitim ve test için kullanılacak veriler aynı soğutma sisteminde farklı kontrol cihazları kullanarak cihazların elektrik tüketimine etkisinin test edilmesi sonucu gözlemlenen verilerden oluşmaktadır.

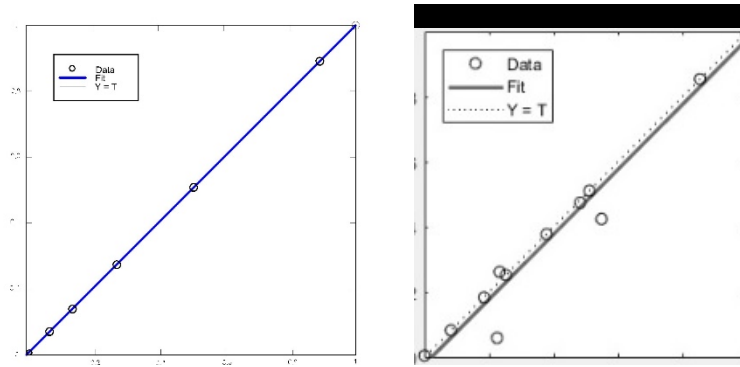


4.3. Ağ Mimarisi

Doğru bir mimari yapı için ilk önemli olan unsur çözümü yapılacak problemin net bir şekilde tanımlanmış olmasıdır. Daha sonra bu tanımlamaya en uygun yapay sinir ağı mimarisinin belirlenmesi gerekmektedir. Oluşturulacak ağ modelinin başarılı olabilmesi için bu etkenler önemli bir yer tutmaktadır. Mimari yapının belirlenmesindeki en önemli etkenler ise probleme uygun öğrenme algoritması ve ağın gizli katmandaki işlem elemanı sayısının belirlenmesi olarak sıralanabilir. Buradaki amaç en uygun algoritmayı kullanarak girdi ve çıktı verileri arasındaki bağlantıyı sağlayan ağırlık verilerini elde etmektir. (Özkişi ve Topaloğlu, 2017:250) Yapay sinir ağlarını eğitmek için İBGY yöntemi kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda probleme uygun olarak belirlenmiş olan algoritmalar yoluyla oluşturulan ağ modelleri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada uygulamanın tahmin edilen modeli için bazı öngörü değerlendirme analizi yapılmıştır. Doğruluk ölçütlerini ve sapmayı ölçmek için Ortalama hata karesi (Mean Squared Error –MSE) yöntemi kullanılmıştır. Bu işlem için;

$$ME = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T e_{t+k,t}$$

formülü kullanılmıştır. Burada T öngörü aralığını, t zamanı, k öngörü uzunluğunu ve öngörü hatasını gösterir.



Şekil 4. Öğrenme ve Doğrulama Değerleri
(Learning values and validation)

4.4. Yapay Sinir Ağı Uygulaması

Mevcut gerçek verilerle, belirlenen sinir ağı düzeninin benzetiminin yapılabilmesi için, MATLAB yazılımının sinir ağı araç paketini çalıştıracak bir kod yazılmıştır. Çözümleme süreci; sırasıyla eğitim ve deneme olmak üzere iki adımdan oluşmuştur. Yapılan hesaplamalar sonucunda test verileri sonuçlarına göre enerji verimliliğini en iyi tahmin eden ağ mimarisi olarak (3-8-1) olarak belirlenmiştir. Bu mimariye yönelik yapılmış olan test ve eğitim işlemleri sonucunda tahmin değerleri tablo 5’de verilmiştir.



Tablo 5. Yapay Sinir Ağının Tahmin Performansları
(Artificial Neural Network Prediction Of The Performance)

MERTEBE	GERÇEK DEĞER	YSA TAHMİN
1	0,874301988	0,861613328
2	0,851997437	0,855952883
3	0,81242621	0,794831849
4	0,733048258	0,664581555
5	0,790593001	0,752789707
6	1	0,984806605
7	0,616551215	0,569397218
8	0,62851055	0,576570524
9	0,455808889	0,468354242
10	0,32509562	0,378144385
11	0,468278277	0,402710083
12	0,267440759	0,076827132
13	0,160640948	0,123391504
14	0,822588911	0,850332064
15	0,943525077	0,925765793
16	0,927792259	0,933018347
17	0,850297261	0,864556417
18	0,489081619	0,363691277
19	0,051359842	0,315153878
20	0	0,059204563

YSA'nın eğitimi sürecinde 27.06.2017 –12.07.2017 tarihleri (Zaman Aralığı- 1) arasındaki, 12.07.2017-27.08.2017 (Zaman Aralığı-2)tarihleri arasındaki ve 27.08.2017-13.09.2017 (Zaman Aralığı-3) tarihleri arasında elektrik tüketimleri sonucu gözlemlenmiş değerler kullanılmıştır. YSA'nın girdi katmanı dört düğüm noktasından oluşmuştur. Ağdan çıkan YSA tahminleri Tablo 5'te gösterilmiştir.

$$\frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} = X_{norm}$$

$$X - X_{min} = (X_{norm}) (X_{max} - X_{min})$$

$$X = [(X_{norm})(X_{max} - X_{min})] + X_{min}$$

Formülü ile tahmin edilen değerlerin test değerlerine dönüşümü sağlanmıştır.



Tablo 6. Yapay Sinir Ağının Tahmin Sonuçları
(Artificial Neural Network Prediction Results)

MERTEBE	TEST DEĞERLERİ	YSA VERİMLİLİK (VERİM %)
1	0,620791025	0,618865552
2	0,617406365	0,618006594
3	0,611401529	0,608731628
4	0,599356121	0,588966468
5	0,608080199	0,602351837
6	0,639865388	0,637559828
7	0,581677983	0,574522481
8	0,583492782	0,575611012
9	0,557285733	0,559189459
10	0,537450317	0,545500336
11	0,559177931	0,54922812
12	0,528701335	0,499776188
13	0,512494728	0,506842217
14	0,612943694	0,617153649
15	0,631295458	0,62860053
16	0,628908042	0,629701088
17	0,617148367	0,619312159
18	0,562334787	0,543307113
19	0,49597759	0,535941683
20	0,488117861	0,497102007

Tablo 7. Ortalama Hata Karesi –MSE Tablosu (The Average Squared –MSE Table)

	MSE
	0,000161002
	1,56456E-05
	0,000309562
	0,004687689
	0,001429089
	0,000230839
	0,002223499
	0,002697766
	0,000157386
Yapay Sinir Ağları Modeli	0,002814171
	0,004299188
	0,036333555
	0,001387521
	0,000769683
	0,000315392
	2,7312E-05
	0,000203324
	0,015722738
	0,069587294
	0,00350518

MSE, θ 'nın gerçek anakütle parametresinden ortalamada ne kadar uzakta olduğunu ölçer. Bu uygulamamızda ortalama hata karesi MSE, 0,007343892 olarak hesaplanmıştır.



5. SONUÇLAR

Sonuç olarak bu çalışmada soğutma sistemlerinde enerji verimliliği için belirlenmiş faktörler doğrultusunda aynı soğutma sisteminde farklı kontrol cihazları kullanarak cihazların elektrik tüketimine etkileri incelenmiştir. Testten elde edilen elektrik tüketim verileri kullanılarak (3-8-1) mimari yapısına sahip bir yapay sinir ağı modellenmiştir. Modellenen yapay sinir ağı soğuk hava sistemlerinin enerji verimliliğini çok iyi bir şekilde tahmin edebilmektedir. Tasarlanan tahmin modeli sonuçlarına göre test verileri kullanılan soğutma sisteminde akıllı algoritma mantığı ile çalışan Octosense soğutma kontrolörünün, standart algoritmali soğutma kontrolörüne göre %58 oranında daha az enerji tükettiği sonucuna ulaşılmıştır. Ortaya çıkan bu tasarruf oranı test verileri kullanılan soğutma sistemi özelinde olup, soğutma sistemi özelliklerindeki farklılıklar bu oranı etkilemektedir. Tasarlanan yapay sinir ağın tahmin ile gerçek değerler arasında çok az hata yapıldığı ve aynı zamanda tahmin değerlerinin gerçek değerlerle kuvvetli bir ilişkisinin olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Bu çalışma sonucunda MATLAB programı yardımıyla soğutma sistemlerinde kontrol teknolojilerinin enerji verimliliğine etkisinin ortaya çıkarılmasına olanak sağlayan bir Yapay Sinir Ağı modeli oluşturulmuştur. Bu model bir soğuk hava tesisine ait soğutma sisteminin 27.06.2017 –12.07.2017 tarihleri (Zaman Aralığı- 1) arasındaki, 12.07.2017-27.08.2017 (Zaman Aralığı-2) tarihleri arasındaki ve 27.08.2017-13.09.2017 (Zaman Aralığı-3) tarihleri arasında elektrik tüketim değerleri üzerinden bir verimlilik tahmini yapmaktadır. Elde edilen ağırlık değerleri dikkate alınarak C tabanlı herhangi bir program ile bu model uygulanabilir. Bu uygulama daha büyük kapasitelerde endüstriyel bir soğuk hava tesisinin enerji verimliliğini belirlemeye yönelik uyarlanarak sistem geliştirilebilir. Sonuç olarak yeni teknoloji maliyetinin kabulü neredeyse her zaman ekonomik gerekçeler, değerlendirmeler gerektirmektedir. Doğru öngörülerde bulunmak ve elde edilecek tasarruf konusunda gerçekçi bir tahmin modeli ortaya koymak için Yapay Sinir Ağlarının kullanılmasının enerji verimliliği konusunda gerçekçi tahminlerin elde edilmesine yol açacağı düşünülmektedir.

REFERENCES

- Baş, Nuray, 2006. “Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı ve Bir Uygulama”, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Baykal, Nazife ve Beyan, Timur, Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler, 2004.
- Çırak, Bekir, Korcak Sabit, 2017. “Isı Transferinde Isı Kayıplarının Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle İncelenmesi”, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst.Der.s.185-197,Iğdır
- Çelikoğlu, Hilmi Berk, 2006. “İstanbul’daki Toplu Taşıma Yolcularının İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi”
- Dede, Gülin, 2008. “Yapay Sinir Ağları İle Konuşma Tanıma”, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.13-14
- Hamzaçebi, Coşkun, 2011. Yapay Sinir Ağları Tahmin Amaçlı Kullanımı MATLAB ve Neurosolutions Uygulamalı, Ekin Yayınevi, Bursa
- Hamzaçebi, Coşkun ve Kutay, Fevzi, 2004. “Yapay Sinir Ağları İle Türkiye Elektrik Enerjisi Tüketiminin 2010 Yılına Kadar Tahmini”,Gazi Üni. Müh. Mim. Fak.Der.Cilt. 19, No.3
- İsa, Kadir ve Onat, Ayhan 2012. İklimlendirme ve Soğutma Sistemlerinde Enerji Verimliliği, Doğa Yayıncılık, İstanbul
- Kavaklıoğlu ve ark, 2009. “Türkiye Elektrik Tüketiminin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini”
- Nahiye, Vasif Vagifoğlu, 2010. Yapay Zeka İnsan – Bilgisayar Etkileşimi, Seçkin Yayınevi, Ankara
- Özkişi, Harun ve Topaloğlu, Murat, 2017. “Fotovoltaik Hücrenin Verimliliğinin Yapay Sinir Ağı ile Tahmini”, Bilişim Teknolojileri Dergisi, cilt.10, sayı.3



FEED RAW MATERIALS THE RECYCLING OF WASTE FOOD AND AGRICULTURAL PRODUCTS: IN A BUSINESS, APPLICATION OF LINEAR PROGRAMMING AND FUZZY LINEAR PROGRAMMING¹

Ahmet Ergülen*, **Halim Kazan****, **Banu Bolayır*****

Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey, Istanbul University, Istanbul, Turkey**

E-mail: aergulen@konya.edu.tr*, halim.kazan@istanbul.edu.tr***, banubolayir@gmail.com***

Copyright © 2017 Ahmet Ergülen, Halim Kazan, Banu Bolayır. This is an open access article distributed under the Eurasian Academy of Sciences License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

The rapid growth of the world population, advances in technology and the industrialization, increasing production and consumption. This has become a problem for all the world, causing a rapid increase in the amount of waste every day. Raw materials from waste by reducing the amount of waste for a more livable world, one of the ways to benefit the country economy is such that can contribute to energy recycling. Also recycling; the needs of the present generation considering the needs of future generations in a conscious way in which sustainable use is the main idea of providing to ensure the continuity of development. Recycling is a new business field for businesses that want to protect their profitability with the development of environmental awareness and sustainability. On the other hand wants to minimize all operating costs. Linear programming and fuzzy linear programming mathematical methods for minimizing operating costs are used together with appropriate computer software. Fuzzy linear programming; in decision-making under uncertainty, complex problems in modeling, real-life problems in making mathematical models and the results are useful in obtaining flexible than linear programming. This work; food and agricultural products could make assessment, waste recycling to feed raw materials and draw attention to contribute to the sustainable development of the recycling, the total cost of business for a company engaged in the recycling food and agricultural products of raw feed from waste using both classical and fuzzy linear programming methods in order to minimize it is made. In the application part of the study, food and agricultural waste products recycling and to minimize the total cost of operating the enterprises engaged in feed raw materials established classical linear programming and fuzzy linear programming models, models are solved by LINDO 6.01 program. In the result of working; compared to classical linear programming optimum solution obtained by the process model and fuzzy linear programming optimum solution obtained by the process model according to the fuzzy linear programming permits business more savings are determined to be more advantageous than classical linear programming methods.

¹ Bu çalışma; Prof. Dr. Ahmet Ergülen danışmanlığında yapılan Banu Bolayır'ın "Bulanık Doğrusal Programlamanın Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarının Geri Dönüşümünde Faaliyet Gösteren Bir İşletmede Uygulaması" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır.



Keywords: Recycling, Sustainable Development, Recycling Food and Agricultural Products Waste to Raw Feed, Linear Programming, Fuzzy Linear Programming, Optimization.

JEL Classification: C-C0-C02

Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarının Yem Hammaddesine Geri Dönüşümü: Bir İşletmede Doğrusal Programlama Ve Bulanık Doğrusal Programlama Uygulaması

ÖZET

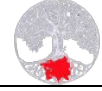
Dünya nüfusunun hızla artması, teknolojiye ve sanayileşmedeki gelişmeler, üretimi ve tüketimi artırmaktadır. Bu durum atık miktarının her geçen gün hızla artmasına neden olarak tüm dünya için bir problem haline gelmektedir. Daha yaşanabilir bir dünya için atık miktarını azaltarak atıklardan hammadde, enerji gibi ülke ekonomisine katkı sağlayabilecek şekilde yararlanma yollarından biri geri dönüşümdür. Aynı zamanda geri dönüşüm; gelecek nesillerin ihtiyaçlarını da gözeterek bugünkü neslin ihtiyaçlarının bilinçli bir şekilde kullanılmasını sağlama ana fikrinde olan sürdürülebilir kalkınmanın devamlılığını sağlamaktadır. Geri dönüşüm, çevre bilincinin gelişmesi ile birlikte karlılıklarını ve devamlılıklarını korumak isteyen işletmeler için yeni bir iş sahasıdır. Diğer yandan her işletme maliyetlerini en aza indirmek ister. İşletme maliyetlerinin minimize edilmesinde doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama matematiksel yöntemleri uygun bilgisayar paket programlarıyla birlikte kullanılmaktadır. Bulanık doğrusal programlama; belirsizlik altında karar almada, karmaşık problemleri modellemede, gerçek yaşam problemlerini matematiksel modeller haline getirmede ve esnek sonuçlar elde etmede doğrusal programlamaya göre daha kullanışlıdır. Bu çalışma; gıda ve tarım ürünleri atıklarının yem hammaddesine geri dönüşümü ile değerlendirilebildiğine ve bu geri dönüşümün sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağladığına dikkat çekmek, gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi geri dönüşümü yapan bir işletme için işletme toplam maliyetini hem klasik hem de bulanık doğrusal programlama yöntemlerini kullanarak minimize etmek amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın uygulama kısmında gıda ve tarım ürünleri atıklarından geri dönüşüm ile yem hammaddesi yapan bir işletmede işletme toplam maliyetini minimize edecek klasik doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama modelleri kurulmuş, modeller LINDO 6.01 programıyla çözülmüştür. Çalışma sonucunda; klasik doğrusal programlama yöntemine göre elde edilen optimum çözüm modeli ile bulanık doğrusal programlama yöntemine göre elde edilen optimum çözüm modeli karşılaştırıldığında, işletmeye daha fazla tasarruf sağlayan bulanık doğrusal programlama yönteminin klasik doğrusal programlama yöntemine göre daha avantajlı olduğuna karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Geri Dönüşüm, Sürdürülebilir Kalkınma, Gıda ve Tarım Ürünleri Atıklarının Yem Hammaddesine Geri Dönüşümü, Doğrusal Programlama, Bulanık Doğrusal Programlama, Optimizasyon.

JEL Sınıflaması: C-C0-C02

1. GİRİŞ

İnsanların yaşamlarının devamlılığı için ihtiyaçlarını karşıladıktan sonra ortaya çıkan atıklar, çevre geleceğini ve insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Tüm ülkeler için sorun haline gelen atıklar çoğu zaman bertaraf edilerek azaltılma yoluna gidilmektedir. Atıkların çöp olarak düşünülüp bertaraf edilmesi yoluyla azaltılması ekonomik zarara sebep olmaktadır. Aynı zamanda her geçen gün artan nüfus atık miktarını artırarak bertaraf işleminde daha fazla



ekonomik kayba yol açmaktadır. Her neslin aynı standartlarda yaşayabileceği bir dünya için atıklardan uygun olanları geri dönüşüm ve geri kazanım yoluyla değerlendirmek gerekmektedir. Geri dönüşümü ve geri kazanımı sağlanabilen atıklar sürdürülebilir kalkınmanın devamlılığını sağlayarak gelecek nesillerin yaşama hakkını koruma altına almaktadır. Tüm dünyada atıklar içerisinde miktar olarak en fazla olan atık çeşidi gıda atıklarıdır. Günümüzde artık şartlara uygun çeşitli gıda atıklarından hayvan yemi, gübre, biyoyakıt ve biyoenerji yapılarak geri dönüşüm ve geri kazanım yoluyla değerlendirilmektedir. Çalışmada gıda ve tarım ürünleri atıklarının yem hammaddesine geri dönüşümü anlatılmaktadır. Gıda ve tarım ürünleri atıklarının yem hammaddesine geri dönüşümü de diğer geri dönüşümü ve geri kazanımı sağlanabilecek atıklarda olduğu gibi ülkeye ekonomik, çevresel ve sosyal alanda katkı sağlamaktadır.

Son yıllarda tüm dünya için giderek önemi artan geri dönüşüm, iş dünyası açısından da önemli bir konu haline gelmiştir. Küreselleşen dünyada ayakta kalmak ve ilerlemek isteyen işletmeler için geri dönüşüm rakiplerine fark atmalarında yeni bir sektördür. Diğer yandan işletmeler iş hayatında genellikle belirsizlik içinde kararlar almaktadırlar. İşletmenin kaynaklarını en iyi şekilde değerlendirilecek, sürekliliklerini devam ettirecek, işletmeye kar sağlayacak şekilde hızlı ve doğru kararlar vermesi işletmeyi rakip işletmeler karşısında avantajlı hale getirmektedir. Gerçek hayatta olaylar karmaşıktır ve matematiksel olarak ifade etmek zor olmaktadır. Her işletme en fazla kar, en az maliyetle çalışmak istemektedir. İşletme maliyetlerini minimize edebilmekte kullanılan birçok matematiksel yöntem bulunmaktadır. Doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan matematiksel yöntemlerdendir. Doğrusal programlama ile problemler kesin veriler kullanılarak modellenirken, bulanık doğrusal programlama belirsizlik durumunda modelleme yapılabilmesini ve esnek sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Bulanık doğrusal programlama gerçek yaşam problemlerini çözmede doğrusal programlamaya göre daha gerçekçi sonuçlar vermekte, belirsizlik ortamında karar vericinin etkili ve doğru kararlar vermesine yardımcı olmaktadır. Bulanık doğrusal programlama ile işletme maliyetlerinin minimize edilmesinin doğrusal programlamaya göre daha iyi sonuçlar verdiği düşünüldüğünden, doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama yöntemleriyle işletme toplam maliyetini optimize etmeyi hedefleyen bu çalışmada, geri dönüşüm uygulaması yapan bir işletmeye ait veriler kullanılarak doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama matematiksel modelleri kurulmuş, optimal planlamalar yapılmıştır. Çalışma sonucunda, maliyetlerin minimize edilmesinde bulanık doğrusal programlamanın klasik doğrusal programlamaya göre daha avantajlı olduğu gösterilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çevre bilincinin son yıllarda gelişmesi ile birlikte tüm dünya için önem ifade eden geri dönüşüm konusunda ulusal ve uluslararası alanda birçok çalışma yapılmıştır. Literatür taraması sonucunda çalışmanın konusu olan gıda ve tarım ürünleri atıklarının yem hammaddesine geri dönüşümü ile ilgili ulusal ve uluslararası alandaki çalışmalarda özgün sayılabilecek şekilde bir çalışma bulunamamıştır. Yapılan bu çalışma, gıda atıklarından geri dönüşüm konusunda bilimsel anlamda ilk çalışmadır. Gıda atığı ile ilgili olarak yapılan akademik çalışmalardan

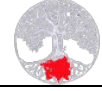


bazıları şunlardır: Food Waste Behavior in An Urban Population (Harrison vd., 1975), Post Harvest Food Losses-The Neglected Dimension in Increasing The World Food Supply (Bourne, 1977), Estimating and Addressing America's Food Losses (Kantor vd., 1997), Food Waste As Animal Feed: An Introduction (Westendorf, 2000), Increasing Food Availability by Reducing Postharvest Losses of Fresh Produce (Kader, 2005), Life Cycle Assessment of Food Waste Management Options (Lundie ve Peters, 2005), Food Waste Treatment Methodologies (Arvanitoyannis vd., 2008), An Analysis of A Community Food Waste Stream (Griffin vd., 2009), The Progressive Increase of Food Waste in America and Its Environmental Impact (Hall vd., 2009), Food Waste Within Food Supply Chains: Quantification and Potential for Change to 2050 (Parfitt vd., 2010), Global Food Losses and Food Waste (Gustavsson vd., 2011), The Causes of Food Waste in The Supplier- Retailer Interface Evidences from The UK and Spain (Mena vd., 2011), Reducing Food Waste-What is Behind Good Habits and Good Practices?: A Research Methodology Consideration (Bodi vd., 2013), Food Waste (Downing vd., 2015), Food Waste Generation and Industrial Uses: A Review (Giroto vd., 2015), Food Waste Management, Valorization and Sustainability in The Food Industry (Ötleş vd., 2015), A Proposed Framework of Food Waste Collection and Recycling for Renewable Biogas Fuel Production in Hong Kong (Woon ve Lo, 2015).

Matematiksel anlamda literatürde sınırlı olarak çalışma bulunan doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama yöntemleri ile işletme maliyetlerinin minimize edilmesi konuları gıda ve tarım ürünleri atıklarından geri dönüşüm konusu ile birleştirilerek özgün bir çalışma yapılmıştır. Gıda atığından farklı olarak başka atıkların geri dönüşümü ile doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama konularının birleşiminden oluşan akademik çalışmalardan bazıları şunlardır: A Linear Programming Analysis of Paper Recycling (Glassey ve Gupta, 1974), Internet-Based Fuzzy Multicriteria Decision Support System for Planning Integrated Solid Waste Management (Zeng ve Trauth, 2005), Katı Atık Yönetiminde Optimal Planlama için Bulanık Doğrusal Programlama Yaklaşımı (Aydın, 2007), Identification of Waste Packaging Profiles Using Fuzzy Logic (Lozano-Olvera vd., 2008), A Fuzzy Decision Aid Model for Environmental Performance Assessment in Waste Recycling (Nasiri ve Huang, 2008), Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü: Bir Toplama-Ayırma Tesisinde Doğrusal Programlama Uygulaması (Ünal, 2011), Optimal Planning for The Sustainable Utilization of Municipal Solid Waste (Santibanez-Aguilar vd., 2013).

3. GERİ DÖNÜŞÜM VE GIDA ATIĞI

Geri dönüşüm; hayat standartlarını yükselterek gelecek nesillere daha iyi bir yaşam sunmak isteyen ve ekonomilerine katkıda bulunmak isteyen gelişmiş ülkelerin öncelikli hedeflerinden sürdürülebilir kalkınma için çok önemlidir. Sürdürülebilir kalkınma kavramı, resmi olarak ilk kez 1987 yılında Norveç Başbakanı Gro Harlem Brundtland'in başkanlığında toplanan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu'nda yayımlanan "Ortak Geleceğimiz" (Brundtland Raporu) adlı raporda, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağını tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilecek kalkınma olarak tanımlanmıştır (Aksu, 2011: 6; World Commission on Environment and Development (WCED), 1987: 16). Sürdürülebilir kalkınma ile ekonomik büyüme gerçekleştirilirken ekoloji ile ekonomi arasında



denge sağlanmakta, böylece insan yaşamının devamlılığı sağlanarak yaşam kalitesi artırılmaktadır.

Geri dönüşüm; yeniden değerlendirilme imkânı olan atıkların çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerden geçirildikten sonra ikincil hammaddeye dönüştürülerek tekrar üretim sürecine dâhil edilmesidir (Çevreonline, t.y.).

Bir atığın geri dönüşümü ile doğal kaynaklar korunmakta, enerji tasarrufu sağlanmakta, atık miktarı azalmakta ve yer tasarrufu sağlanmakta, ekonomiye katkı sağlanmakta, gelecek için yatırım yapılmakta, çevre korunmaktadır (Aydın, 2007: 21; Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı (ÇEVKO), t.y.).

Geri dönüşüm aşamaları genel olarak; toplama, ayırma (kaynakta ayırma, toplama sırasında ayırma, merkezde ayırma), değerlendirme, yeni ürünü ekonomiye kazandırmadır (Beyhan, 1997: 19; T.C. Tekirdağ Valiliği, t.y.: 15-16).

Her atık çöp değildir, bazı atıklar ekonomik değerlerine bağlı olarak geri dönüştürülebilmektedir. Gıda atıkları geri dönüştürülebilen atıklar arasındadır.

Son yıllarda, önemli bir sosyal, beslenme ve çevresel problem haline gelen gıda atıkları ile ilgili olarak açlık, kaynakların korunması, çevresel ve ekonomik maliyetler konusunda giderek artan endişe, gıda kaybı konusunda kamu bilincini artırmıştır (Griffin vd., 2009: 67; Kantor vd., 1997: 2).

Gıda atığı; insan tüketimi için kullanılan yenilebilir malzemelerin atılması, gıda kaybı; hasattan tüketiciye kadarki zamanda zararlılar tarafından bozulan ya da ziyan olan yiyecekler olarak tanımlanmaktadır (Ötleş vd., 2015: 4). Gıda atığı ve gıda kaybı anlamsal olarak birbirine benzemekte, bazen birbiri yerine kullanılmaktadır.

Gıda atıkları; gıda tedarik sisteminin üretim, işleme, dağıtım, satın alma, hazırlık ve tüketim aşamalarında gerçekleşmektedir (Griffin vd., 2009: 68).

Gıda atıkları yönetimi hiyerarşisinde gıda atıkları; öncelikle önlenmeli, kaynağında israfı azaltılmalı, aç insanlara bağışta bulunulmalı ve hayvanlar beslenmeli, gıda atıklarının besinsel değerlerinden yararlanabilmek için hayvan yemi olarak geri dönüşümü yapılmalı, enerji ihtiyacını karşılamak için geri kazanımı sağlanmalı, son çare olarak düzenli depolanmalı ve bertaraf edilmelidir (HKEB, Hong Kong Environment Bureau, 2014: 8; Ötleş vd., 2015: 11).

Gıda atıklarından hayvan yemi geri dönüşümü yapabilmek için yasalar çerçevesinde hayvan sağlığını tehlikeye atmayacak, besin değeri yüksek atıklar seçilmelidir. Gıda atıkları, hayvan yemi için yüksek besin içermektedir. Birçok analizde gıda atıklarının % 20'nin üzerinde yüksek protein ve yağ içeriğine sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Westendorf, 2000: x). Diğer yandan gıda atıklarından hayvan yemi geri dönüşümü yapılması, mevcut diğer seçenekler (depolama, atık yakma tesisleri, biyokatırlar, toprak çeşitleri vb.) ile karşılaştırıldığında enerji tasarrufu optimize edilebilmektedir (Westendorf, 2000: 13).

Türkiye'de gıda atıklarının geri kazanılmasını da kapsayan "Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği" 17.06.2011 tarihinde ve 27967 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiş, tebliğin bazı maddelerinde 2013 ve 2015 yıllarında değişiklik yapılmıştır (Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği, 2011).



4. UYGULAMA

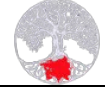
Uygulama için, İzmir'in Kemalpaşa ilçesinde geri dönüşüm ve geri kazanım faaliyetlerinde olan Doğalsen isimli işletmenin 2015 yılında gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi yapması ile ilgili veriler kullanılmıştır.

İşletmenin yem hammaddesi geri dönüşümünde kullandığı gıda ve tarım ürünleri atıkları çöp ile karışmamış temiz atıklardır. İşletme yem hammaddesini Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği'ne ve Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Yem Hammaddesi Kataloğu'na göre yapmaktadır. İşletmenin 2015 yılında gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi geri dönüşümü yapması ile ilgili kapasitesi 201.600 kg/yıl toz yem ve 67.200 kg/yıl pelet yem olmak üzere toplamda 268.800 kg/yıl yemdir. İşletmede 2015 yılında gıda ve tarım ürünleri atıklarından geri dönüşüm ile toplam (toz ve pelet) 12.538 kg/yıl yem üretilmiştir.

İşletmenin gıda ve tarım ürünleri atıklarını toplama yerlerinin işletmeye göre uzaklıkları ve 2015 yılında toplama yerlerinden topladığı aylık gıda ve tarım ürünleri atık çeşitleri Tablo 1'de, miktarları Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 1: Toplama Yerlerinin İşletmeye Göre Uzaklıkları Ve İşletmenin Toplama Yerlerinden Topladığı Gıda Ve Tarım Ürünleri Atık Çeşitleri (2015 Yılı)

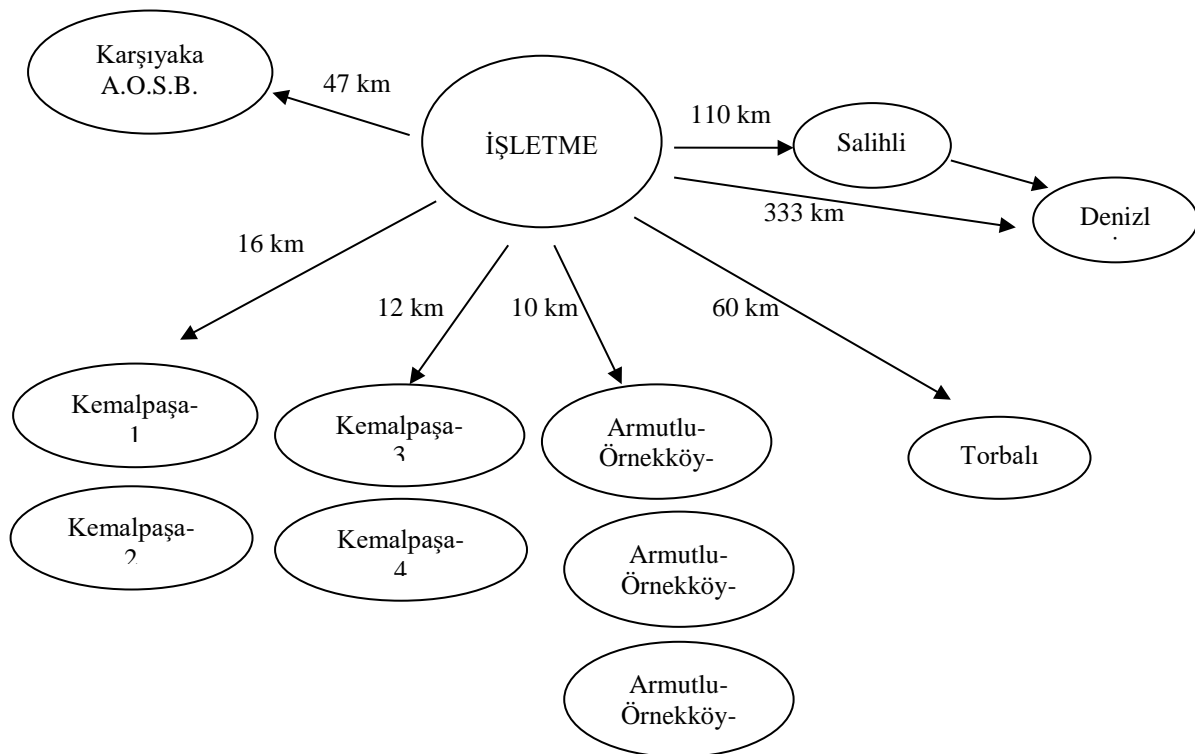
Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarını Toplama Yerleri	İşletme İle Toplama Yerleri Arası Uzaklık (km)	Gıda Ve Tarım Ürünleri Atık Çeşitleri
Torbali	60 km	Bitki Dokusu Atıkları (Kekik, Defne, Kimyon Ağırlıklı)
Kemalpaşa-1	16 km	Bitki Dokusu Atıkları (Kekik, Defne Ağırlıklı)
Kemalpaşa-2	16 km	Bitki Dokusu Atıkları (Haşhaş Kepeği, Defne, Kimyon, Kekik)
Kemalpaşa-3	12 km	Bitki Dokusu Atıkları (Sadece Defne)
Kemalpaşa-4	12 km	Tüketime Uygun Olmayan Gıda Maddeleri (Zeytin Yapağı Dalı)
Karşıyaka A.O.S.B.	47 km	Bitki Dokusu Atıkları (Kimyon, Tavşan Memesi Bitkisi Gibi Değişik Bitkiler)
Armutlu-Örnekköy-1	10 km	Bitki Dokusu Atıkları (Zeytin Yapağı Dalı Tozu)
Armutlu-Örnekköy-2	10 km	Bitki Dokusu Atıkları (Zeytin Yapağı Dalı Tozu)
Armutlu-Örnekköy-3	10 km	Bitki Dokusu Atıkları (Zeytin Yapağı Dalı Tozu)
Salihli	110 km	Bitki Dokusu Atıkları (Çam Ağacı İğne Yaprakları ve Bahçe Otları Ağaç Yaprakları)
Denizli	333 km	Bitki Dokusu Atıkları (Sadece Kekik)



Tablo 2: İşletmenin Toplama Yerlerinden Topladığı Gıda Ve Tarım Ürünleri Atık Miktarlarına Ait Aylık Plan (2015 Yılı)

Toplama Yerleri	Toplanan Gıda Ve Tarım Ürünleri Atık Miktarları (kg)												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	TOPLAM
Torbali			2900	6000	7000		1210 0	2550 0	1300 0	1200 0	1450 0	1350 0	10650 0
Kemalpaşa-1		1858 0	1210 0	1384 0	1344 0	2886 0	1116 0	2074 0	1366 0	1702 0	1008 0	7020	16650 0
Kemalpaşa-2			3660	2876 0						3960			36380
Kemalpaşa-3		5400				4500 0			4000 0	4000 0			13040 0
Kemalpaşa-4								2000					2000
Karşıyaka A.O.S.B.		5110	8700		6290		1690 0	4840					41840
Armutlu-Örnekköy-1				4240	9140								13380
Armutlu-Örnekköy-2						5180							5180
Armutlu-Örnekköy-3								1350 0					13500
Salihli											1900		1900
Denizli						5000	4190						9190
TOPLAM		2909 0	2736 0	5284 0	3587 0	8404 0	4435 0	6658 0	6666 0	7298 0	2648 0	2052 0	52677 0

Bulanık doğrusal programlama modelini çözmek için işletmenin toplama yerleri güzergâhlara göre kümelenmiştir. Bu durum Şekil 1'de gösterilmektedir.





Şekil 1: İşletmenin Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarını Toplama Yerleri İçin Konum Kümeleri Güzergâhı

Gıda ve tarım ürünleri atıklarının yem hammaddesine geri dönüşümü işleminde işletme için çeşitli maliyetler oluşmaktadır. Bu maliyetler; toplama-taşıma, ayırma-dönüştürme, depolama işlemlerinde oluşan maliyetler ve sabit maliyettir.

İşletme ile toplama yerleri arasında bedelsiz yönünde anlaşma sağlanmış olup, işletme toplama yerlerine ödeme yapmadığı için toplama ve taşıma maliyetleri tek kalem altında birlikte değerlendirilmektedir. İşletmenin 2015 yılı için toplam yıllık toplama-taşıma maliyeti 9.527,57 TL'dir. Tablo 3'de işletmenin gıda ve tarım ürünleri atıklarını toplama yerlerinden taşıdığı işletmeye ait olan araçlarla ilgili bilgiler yer almaktadır.

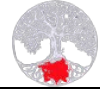
Tablo 3: İşletmenin Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarını Toplama Yerlerinden İşletmeye Taşıdığı Araçlar İle İlgili Bilgiler (2015 yılı)

Araç Tipi	Araç Yük Kapasitesi	Araç Sayısı	Araçların Toplam Çalışma Kapasiteleri (saat)	Araçlar İçin Kilometre Başına Mazot Gideri (TL)
Kamyon	4 tonluk	1	Max 8 saat	1,2 TL/km
Kamyon	20 tonluk	2	Max 8 saat	1,5 TL/km

2015 yılı için gıda ve tarım ürünleri atıklarını toplama yerlerinden işletmeye taşıyan araçların aylık toplam sefer sayıları Tablo 4'de, aylık toplam sefer maliyetleri Tablo 5'de verilmektedir. Araçların seferleri sırasındaki maliyetleri gidiş-dönüş olarak verilmektedir.

Tablo 4: Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarını Toplama Yerlerinden İşletmeye Taşıyan Araçların Toplam Sefer Sayısı (2015 yılı)

Aylar	Torbalı		Kemalpaşa-1		Kemalpaşa-2		Kemalpaşa-3		Kemalpaşa-4		Karşıyaka A.O.S.B.		Armutlu-Örnekköy-1		Armutlu-Örnekköy-2		Armutlu-Örnekköy-3		Salihli (Alaşehir)		Denizli	
	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton		
Ocak																						
Şubat			2	2			2				2											
Mart	1			2	1						1											
Nisan		1		2		4							1									
Mayıs		1		2							2		1									
Haziran				4				8								1						1
Temmuz		2		1							2											1
Ağustos		2		3					1		1							1				
Eylül		1		2				8														
Ekim		1		2	1			8														
Kasım		2		2																1		



Arahk		1		1															
TOPLAM	1	11	2	23	2	4	2	24	1		3	5	1	1		1		1	2



Tablo 5: Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarını Toplama Yerlerinden İşletmeye Taşıyan Araçların Toplam Gidiş-Dönüş Sefer Maliyetleri (2015 yılı) (TL)

Aylar	Torbah		Kemalpaşa-1		Kemalpaşa-2		Kemalpaşa-3		Kemalpaşa-4		Karşıyaka A.O.S.B.		Armutlu-Örnekköy-1		Armutlu-Örnekköy-2		Armutlu-Örnekköy-3		Salihli (Alaşehir)		Denizli		
	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	4 ton	20 ton	
Ocak																							
Şubat			76,8	96			57,6				225,6												
Mart	146,4			96	38,4							141											
Nisan		180		96		192							24										
Mayıs		180		96								282		30									
Haziran				192				288								30							1000
Temmuz		360		48								282											1000
Ağustos		360		144					28,8		112,8								30				
Eylül		180		96				288															
Ekim		180		96	38,4			288															
Kasım		360		96																	330		
Aralık		180		48																			
TOPLAM	146,4	1980	76,8	1104	76,8	192	57,6	864	28,8		338,4	705	24	30		30		30		330		2000	



İşletmenin 2015 yılı için toplam yıllık sabit maliyeti 180.594,92 TL, toplam yıllık ayırma-dönüştürme maliyeti 53.323,65 TL, toplam yıllık depolama maliyeti 8.955 TL'dir.

İşletmenin toplama yerlerinden topladığı gıda ve tarım ürünleri atıkları için işletmenin aylık birim maliyetleri Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6: İşletmenin Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarının Yem Hammaddesine Dönüştürmek İçin Yaptığı Faaliyetlerin Toplama Yerlerine Göre Aylık Birim Maliyetleri (2015 yılı)

Toplama Yerleri	Aylık Birim Maliyetler (TL/kg)											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Torbali			3,316	1,620	1,392		0,872	0,424	0,797	0,862	0,731	0,769
Kemalpaşa-1	1,077		0,808	0,709	0,730	0,355	0,914	0,507	0,755	0,610	1,016	1,441
Kemalpaşa-2			2,602	0,356						2,533		
Kemalpaşa-3	1,775					0,239			0,279	0,279		
Kemalpaşa-4								4,992				
Karşıyaka A.O.S.B.	1,907	1,119			1,566		0,625	2,092				
Armutlu-Örnekköy-1				2,245	1,054							
Armutlu-Örnekköy-2						1,845						
Armutlu-Örnekköy-3								0,758				
Salihli											5,418	
Denizli						2,105	2,628					

4.1. İşletme İçin Önerilen Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlama Modelleri

Model; bilinen bir sistemi veya sistemleri bağıntı ve parametrelerle belirterek, gerçek değerleri mümkün olduğunca en iyi temsil edecek şekilde kurulmaktadır (Ergülen ve Kazan, 2007: 112).

Doğrusal programlama; değişkenler üzerine konulan doğrusal kısıtlar sağlanacak biçimde doğrusal bir amaç fonksiyonunun en büyük ya da en küçük değerini araştıran en iyileme yöntemi, bulanık doğrusal programlama ise; bulanık küme kavramının bir uygulaması ve doğrusal programlamanın bulanık ortamda karar vermek için geliştirilen özel bir uzantısı olmaktadır (Yapıcı, 2000: 1). Bulanık doğrusal programlama modelinin doğrusal programlama modelinden en belirgin farkı, bulanık olan kısımlara bulanıklık simgesinin (~) konması ve bulanık olan yer için [0,1] aralığında tanımlı olan üyelik fonksiyonunun belirlenmesidir.

Gerçek yaşam karar verme problemlerinin çoğu, amaç ve kısıt fonksiyonlarının bazı katsayılarının tam olarak belirlenemediği, belirsiz olduğu bir ortamda yer almaktadır. Verilen kesin bir karar modelinin kullanımı, gerçekçi olmayan çözümlere yol açabildiğinden bulanık mantık teorisi, bu belirsizlikle baş etmek için kavramsal ve teorik bir çatıya izin vermektedir (Stanciulescu vd., 2003: 655).



Kaynak dağıtımıyla ilgili planlamada ve karar vermede yöneticilere yardım etmek için tasarlanan doğrusal programlama, çok kullanılan matematiksel bir tekniktir (Ergülen, Kazan ve Kaplan, 2005: 165). Diğer yandan gerçek yaşam problemlerinde birçok karar süreci belirsiz bir yapıya sahip olduğundan bulanık mantık ve doğrusal programlamanın bir birleşimi olan bulanık doğrusal programlama, iyi tanımlanmış kesin veriler ile oluşturulan doğrusal programlamadan daha etkin ve kullanışlı bir yöntemdir (Tuş, 2006: 53).

Çalışma uygulamasında gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi yapan bir işletmede işletme maliyetini minimize etmek için doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama modelleri kurulmuştur. Minimum doğrusal programlama ve minimum bulanık doğrusal programlama modelleri için, indisler yardımıyla parametreler ve karar değişkenlerinin problemde temsil ettikleri değerler belirlenip tanımlanarak amaç fonksiyonu, sınırlayıcı şartlar ve pozitiflik şartı oluşturulmuştur.

Doğrusal Programlama Modelinin Formülasyonu

İndisler:

i : İşletmenin 2015 yılı için gıda ve tarım ürünleri atıklarını topladığı aylar: $i = 1, 2, \dots, 12$

j : İşletmenin gıda ve tarım ürünleri atıklarını toplama yerleri: $j = 1, 2, 3, \dots, 11$

İşletmenin gıda ve tarım ürünleri atıklarını toplama yerleri sırasıyla; 1. toplama yeri Torbalı, 2. toplama yeri Kemalpaşa-1, 3. toplama yeri Kemalpaşa-2, 4. toplama yeri Kemalpaşa-3, 5. toplama yeri Kemalpaşa-4, 6. toplama yeri Karşıyaka A.O.S.B., 7. toplama yeri Armutlu-Örnekköy-1, 8. toplama yeri Armutlu-Örnekköy-2, 9. toplama yeri Armutlu-Örnekköy-3, 10. toplama yeri Salihli, 11. toplama yeri Denizli olarak belirlenmiştir.

Parametreler:

c_{ij} : İşletmeye i . ayda j . toplama bölgesinden gelen gıda ve tarım ürünleri atıklarının birim maliyeti

Q_j : İşletmenin 2015 yılında j . toplama bölgesinden talep ettiği gıda ve tarım ürünleri atık miktarı (kg)

b_i : İşletmenin 2015 yılında i . aydaki gıda ve tarım ürünleri atık miktarı (kg)

Karar Değişkenleri:

x_{ij} : İşletmeye i . ayda j . toplama bölgesinden gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı (kg) (Ek 1)

olarak ifade edilmektedir.

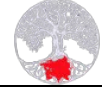
Gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi geri dönüşüm problemine ait genel doğrusal programlama modeli aşağıdaki şekilde yazılabilir:

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{min} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

$i = 1, 2, \dots, m$ (m : toplama ayları sayısı)

$j = 1, 2, \dots, n$ (n : toplama yerleri sayısı)



Sınırlayıcı Şartlar:

Talep Edilen Atık Kısıtı:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \geq Q_j, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Kapasite Kısıtı:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m$$

Pozitiflik Şartı:

$$x_{ij}, Q_j, b_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

Doğrusal programlama modelinde, toplam maliyetin minimizasyonu hedeflenmektedir.

Bulanık Doğrusal Programlama Modelinin Formülasyonu

İndisler:

i: İşletmenin 2015 yılı için gıda ve tarım ürünleri atıklarını topladığı aylar: $i = 1, 2, \dots, 12$

j: İşletmenin gıda ve tarım ürünleri atıklarını toplama yerleri: $j = 1, 2, 3, \dots, 11$

İşletmenin gıda ve tarım ürünleri atıklarını toplama yerleri sırasıyla; 1. toplama yeri Torbalı, 2. toplama yeri Kemalpaşa-1, 3. toplama yeri Kemalpaşa-2, 4. toplama yeri Kemalpaşa-3, 5. toplama yeri Kemalpaşa-4, 6. toplama yeri Karşıyaka A.O.S.B., 7. toplama yeri Armutlu-Örnekköy-1, 8. toplama yeri Armutlu-Örnekköy-2, 9. toplama yeri Armutlu-Örnekköy-3, 10. toplama yeri Salihli, 11. toplama yeri Denizli olarak belirlenmiştir.

Parametreler:

c_{ij} : İşletmeye i. ayda j. toplama bölgesinden gelen gıda ve tarım ürünleri atıklarının birim maliyeti

α_j : j. toplama bölgesinden talep edilen atık miktarı için bulanık aralığın kullanım oranı (Amaç Fonksiyonunda)

d_j : j. toplama bölgesine ait negatif sapma miktarı (Bulanık Miktar)

Q_j : İşletmenin 2015 yılında j. toplama bölgesinden talep ettiği gıda ve tarım ürünleri atık miktarı (kg)

b_i : İşletmenin 2015 yılında i. aydaki gıda ve tarım ürünleri atık miktarı (kg)

Karar Değişkenleri:

α_j : j. toplama bölgesinden talep edilen atık miktarı için bulanık aralığın kullanım oranı (Talep Edilen Atık Kısıtında)

U_{jr} : j. toplama merkezine giden bir aracın yol üstündeki r. toplama merkezinden topladığı gıda ve tarım ürünleri atık miktarı

V_{pj} : p. toplama merkezine giden bir aracın yol üstündeki j. toplama merkezinden topladığı gıda ve tarım ürünleri atık miktarı

x_{ij} : İşletmeye i. ayda j. toplama bölgesinden gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı (kg) (Ek 1)



olarak ifade edilmektedir.

Gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi geri dönüşüm problemine ait genel bulanık doğrusal programlama modeli aşağıdaki şekilde yazılabilir:

Amaç Fonksiyonu:

$$Z_{min} = \sum_{j=1}^n \alpha_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$i = 1, 2, \dots, m$ (m: toplama ayları sayısı)

$j = 1, 2, \dots, n$ (n: toplama yerleri sayısı)

Sınırlayıcı Şartlar:

Talep Edilen Atık Kısıtı:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + V_{pj} - U_{jr} + d_j \alpha_j \geq Q_j \quad (2)$$

$i = 1, 2, \dots, m$ (m: toplama ayları sayısı)

$j = 1, 2, \dots, n$ (n: toplama yerleri sayısı)

$p = 1, 2, \dots, n$ (n: toplama yerleri sayısı)

$r = 1, 2, \dots, n$ (n: toplama yerleri sayısı)

($j \neq p, j \neq r$)

Kapasite Kısıtı:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

$$\alpha_j \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

Pozitiflik Şartı:

$$x_{ij}, Q_j, b_i \geq 0$$

$$V_{pj} \geq 0, U_{jr} \geq 0 \quad (5)$$

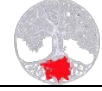
$$0 \leq \alpha_j \leq 1$$

$$i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n; p = 1, 2, \dots, n; r = 1, 2, \dots, n$$

$$(j \neq p, j \neq r)$$

Bulanık doğrusal programlama modelinde d_j ile gösterilen j. toplama bölgesine ait negatif sapma miktarının kullanım oranı, j. toplama bölgesinden talep edilen atık miktarı için bulanık aralığın kullanım oranı olarak ifade edilen α_j değişkeninin değeri kadar olacaktır. Ayrıca α_j değişkenlerinin 0 ile 1 arasında değerler alabilmesi için (4) ve (5) kısıtları yazılmıştır.

Bulanık doğrusal programlama modelinde; ilk olarak toplam maliyetin minimizasyonu ve ikinci olarak gıda ve tarım ürünleri atık talep kapasiteleri için izin verilen negatif sapma miktarının kullanılan kısmının minimizasyonu hedeflenmektedir. Bulanık doğrusal programlamada; birinci öncelikli amaca ilişkin (1) eşitliğindeki değişkenlerin amaç fonksiyonundaki α_j katsayılarına göre, ikinci öncelikli amaca ilişkin (2) eşitliğindeki değişkenlerin talep edilen atık kısıtındaki α_j katsayılarının çok küçük bir değer olması



gerektiğinden α_j katsayıları aynı kabul edilmiş ve bulanık doğrusal programlama modeli çözülmüştür.

4.2. İşletme İçin Önerilen Doğrusal Programlama Ve Bulanık Doğrusal Programlama Modellerinin Çözümleri Ve Sonuçlarının Değerlendirilmesi

İşletmenin 2015 yılı gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi yapma verilerine göre kurulan doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama modelleri LINDO 6.01 paket programla çözümlenerek sonuçlar elde edilmiş (Ek 2, Ek 3), her iki model için optimum maliyete ulaşılmıştır. Doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama modellerinin çözümünde işletmenin toplama yerlerinden talep ettiği gıda ve tarım ürünleri atık miktarının tamamı kullanılmıştır. 2015 yılı için işletmenin toplam maliyeti ve toplanan gıda ve tarım ürünleri atık miktarı, doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama modellerine ait toplam maliyetler ve bu modellerin işletmeye göre tasarruf miktarları Tablo 7’de verilmektedir.

Tablo 7: İşletmeye, Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlama Modellerine Ait Yıllık Miktar Ve Maliyetlerin Karşılaştırılması

İşletmeye Ait Toplam Veriler	
İşletmeye Ait Yıllık Toplam Maliyet	252.401,14 TL
İşletmeye Ait Yıllık Toplanan Atık Miktarı	526.770 kg
Doğrusal Programlama Modeline Ait Toplam Veriler	
Doğrusal Programlama Modeline Ait Yıllık Toplam Maliyet	248.046,1 TL
Bulanık Doğrusal Programlama Modeline Ait Toplam Veriler	
Bulanık Doğrusal Programlama Modeline Ait Yıllık Toplam Maliyet	185.971,3 TL
Yıllık Toplam Tasarruf	
İşletmenin Yıllık Toplam Maliyeti – Doğrusal Programlama Modelinin Yıllık Toplam Maliyeti	4.355,04 TL
İşletmenin Yıllık Toplam Maliyeti – Bulanık Doğrusal Programlama Modelinin Yıllık Toplam Maliyeti	66.429,84 TL

Tablo 7’de işletme toplam maliyeti ile doğrusal programlama modeline ait toplam maliyet karşılaştırıldığında doğrusal programlamada 4.355,04 TL tasarruf, işletme toplam maliyeti ile bulanık doğrusal programlama modeline ait toplam maliyet karşılaştırıldığında bulanık doğrusal programlamada 66.429,84 TL tasarruf olduğu görülmektedir. Bu durum; doğrusal programlama modelindeki toplam maliyette işletme toplam maliyetine göre % 2 oranında, bulanık doğrusal programlama modelindeki toplam maliyette işletme toplam maliyetine göre % 26 oranında daha avantajlı bir tasarruf yapıldığını göstermektedir. Ayrıca bulanık doğrusal programlama modelindeki durumda; işletmenin yol üstü toplama-taşıma, ayırma-dönüştürme, sabit ve depolama maliyetlerinde bulanık aralığın kullanım oranından dolayı işletmenin toplam maliyetinde, doğrusal programlama modeline göre daha fazla tasarruf elde edilmiştir. Bütün bu oranlara göre doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama modelleri karşılaştırıldığında; bulanık doğrusal programlama modeli ile işletmenin toplam maliyetinde doğrusal programlama modeline göre daha kar sağlandığından,



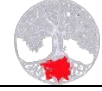
işletmenin bulanık doğrusal programlama modelini kullanmasının daha kazançlı olduğuna karar verilmiştir.

5. SONUÇ

Atık; insan sağlığı ve çevre için tehdit oluşturmakta, gelecek nesillerin iyi bir şekilde yaşama hakkını azaltmaktadır. Artan nüfus ile birlikte artan atık miktarı için artık dünyamız yeterli gelmemektedir. Her atığı çöp olarak düşünmemek, hayatın sürdürülebilirliği açısından kullanılan kaynaklardan uygun olanları geri dönüşüm ve geri kazanım yoluyla değerlendirerek atık miktarını azaltmak ve ekonomiye katkı sağlamak gerekmektedir. Dünyada atıklar içerisinde miktar olarak en fazla olan gıda atıkları, son yıllarda geri dönüşüm ve geri kazanım yoluyla değerlendirilmektedir. Gıda da atıklar; gıda, tarım ve deniz ürünleri atıkları, tarla atıkları, son kullanma tarihi geçmiş ya da ambalajı bozulmuş gıda ürünleri, ev, otel vb. yerlerdeki gıda atıkları yani artık anlamındaki atıklar olabilmekte, bu atıklar yasalar çerçevesinde şartlarına göre hayvan yemi, gübre, biyoyakıt ve biyoenerjiye dönüştürülmektedir. Bu atıkların yem hammaddesine geri dönüşümünde protein, yağ gibi besin değerlerinden faydalanılmaktadır. Bu atıklar içinde besin değerleri kaybolmayan atıkların yem hammaddesi olarak yönetmelik doğrultusunda sağlıklı bir şekilde geri dönüştürülmesinin, geri dönüştürülmeyen duruma göre artı değerler kattığı görülmektedir. Gıda ve tarım ürünleri atıklarının yem hammaddesine geri dönüşümü ile ülke ekonomisine, çevre kirliliğinin önlenmesine, sürdürülebilir kalkınmanın devamlılığının sağlanmasına katkıda bulunulmakta, geleceğe yatırım yapılmaktadır.

Çalışmanın uygulama kısmında, gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi geri dönüşümü yapan bir işletmede doğrusal ve bulanık doğrusal programlama modelleri yardımıyla işletme toplam maliyeti minimize edilmiştir. İşletmenin yem hammaddesi geri dönüşümünde maliyetlerini azaltarak tasarruf sağlayabilmesi için işletme planına alternatif olarak işletmeden alınan 2015 yılı verileriyle ayrı ayrı klasik doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama modelleri kurulmuş, modeller çözülerek optimum çözüm planları oluşturulmuştur. Çözümler sonucunda işletmenin bir sene boyunca hangi şartlar altında ve ne kadarlık maliyet azalışı sağlanabileceğini gösteren klasik doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama modelleri karşılaştırılarak işletmeye gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi geri dönüşümünde maliyetlerde daha tasarruf sağlayan bulanık doğrusal programlama modelinin kullanılmasının işletmenin yararına olduğu gösterilmiş, işletmeye kar sağlanmıştır.

Çalışma sonucunda; gıda ve tarım ürünleri atıklarının geri dönüşümünde oluşan maliyetler için optimum çözüm planının bulunmasında kullanılan doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlama modellerinin kurulabileceği ve bu modeller yardımıyla işletmenin toplam maliyeti minimize edilebileceği gösterilmiş, yoğun rekabet ortamında işletmeye tasarruf sağlanarak işletmeye dolayısıyla ülke ekonomisine katkı sağlanmıştır.

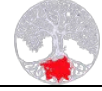


KAYNAKLAR

- AKSU, Ceren (2011). *Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre*. Güney Ege Kalkınma Ajansı, 1-33. <http://docplayer.biz.tr/4861562-Surdurulebilir-kalkinma-ve-cevre.html> Erişim Tarihi: 16.03.2015.
- ARVANITOYANNIS, Ioannis S., KASSAVETI, Aikaterini ve LADAS, Demetrios (2008). Food Waste Treatment Methodologies. Ioannis S. Arvanitoyannis (Ed.), *Waste Management for The Food Industries* içinde (s. 345–410). Oxford: Elsevier Academic Press.
- AYDIN, Nezir (2007). *Katı Atık Yönetiminde Optimal Planlama için Bulanık Doğrusal Programlama Yaklaşımı* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BAZI TEHLİKESİZ ATIKLARIN GERİ KAZANIMI TEBLİĞİ (2011, 17 Haziran). *Resmi Gazete* (Sayı: 27967). <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/06/20110617-9.htm> Erişim Tarihi: 07.06.2015.
- BEYHAN, Mehmet (1997). *Isparta Evsel ve Ticari Katı Atıklarından Geri Kazanılabilir Maddelerin Potansiyelinin Araştırılması* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- BODI, Barbara, ZSOLDOS, Laszlo ve KASZA, Gyula (2013). Reducing Food Waste-What is Behind Good Habits and Good Practices? A Research Methodology Consideration. *Proceedings 12th IAS-STIS Annual Conference*, 6-7 Mayıs 2013, Austria. <http://www.ifz.at/ias/IAS-STIS/Publications/Proceedings-12th-IAS-STIS-Annual-Conference-6-7-May-2013> Erişim Tarihi: 18.04.2015.
- BOURNE, Malcolm C. (1977). *Post Harvest Food Losses-The Neglected Dimension in Increasing The World Food Supply*. New York: Cornell University International Agriculture Mimeograph No: 53.
- ÇEVRE KORUMA VE AMBALAJ ATIKLARI DEĞERLENDİRME VAKFI (ÇEVKO) (t.y.). Neden Geri Kazanım? http://www.cevko.org.tr/cevko/IcSayfa/Cevko/index.php?option=com_content&task=view&id=272&Itemid=254 Erişim Tarihi: 04.04.2015.
- ÇEVREONLİNE (t.y.). Geri Dönüşüm Nedir?. <http://cevreonline.com/geri-donusum/> Erişim Tarihi: 14.04.2015.
- DOWNING, Emma, PRIESTLEY, Sara ve CARR, Wendy (2015). *Food Waste*. Briefing Paper (Number CBP07045), 2 September 2015, House of Commons Library, UK. <http://www.organics-recycling.org.uk/uploads/article3082/HoC%20Research%20Paper%20Food%20Waste%20-%20Sept%202015.pdf> Erişim Tarihi: 28.12.2015.
- ERGÜLEN, Ahmet, KAZAN, Halim ve KAPLAN, Muhittin (2005). İşletmelerde Dağıtım Sistemi Maliyetleri Minimizasyonu için Çözüm Modeli: Bir Firma Uygulaması, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13: 163-172.
- ERGÜLEN, Ahmet ve KAZAN, Halim (2007). Taşımacılık Sektörünün İşleyiş Süreci, Bulanık Dağıtım Probleminin Tamsayı Doğrusal Programlama Model Denemesi. *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 3 (6): 109-125.
- GIROTTO, Francesca, ALIBARDI, Luca ve COSSU, Raffaello (2015). Food Waste Generation and Industrial Uses: A Review. *Waste Management*, 45: 32–41.
- GLASSEY, C. Roger ve GUPTA, Virendra K. (1974). A Linear Programming Analysis of Paper Recycling. *Management Science*, 21 (4): 392 – 408.
- GRIFFIN, Mary, SOBAL, Jeffery ve LYSON, Thomas A. (2009). An Analysis of A Community Food Waste Stream. *Agriculture and Human Values*, 26 (1-2): 67-81.



- GUSTAVSSON, Jenny, CEDERBERG, Christel, SONESSON, Ulf, van OTTERDIJK, Robert ve MEYBECK, Alexandre (2011). *Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention*. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). <http://large.stanford.edu/courses/2012/ph240/briggs1/docs/mb060e00.pdf> Erişim Tarihi: 27.03.2015.
- HALL, Kevin D., GUO, Juen, DORE, Michael ve CHOW, Carson C. (2009). The Progressive Increase of Food Waste in America and Its Environmental Impact. *Plos One*, 4 (11): 1-6.
- HARRISON, Gail G., RATHJE, William L. ve HUGHES, Wilson W. (1975). Food Waste Behavior in An Urban Population. *Journal of Nutrition Education*, 7 (1): 13-16.
- HONG KONG ENVIRONMENT BUREAU (HKEB) (2014). *A Food Waste and Yard Waste Plan 537 for Hong Kong 2014-2022*. <http://www.enb.gov.hk/en/files/FoodWastePolicyEng.pdf> Erişim Tarihi: 29.03.2015.
- KADER, Adel A. (2005). Increasing Food Availability by Reducing Postharvest Losses of Fresh Produce. F. Mencarelli ve P. Tonutti (Ed.), *Proceedings of the 5th International Postharvest Symposium*, 6-11 June 2004, Verona, Italy, Acta Horticulturae, 682: 2169-2175. Leuven, Belgium: International Society for Horticultural Science.
- KANTOR, Linda Scott, LIPTON, Kathryn, MANCHESTER, Alden ve OLIVEIRA, Victor (1997). Estimating and Addressing America's Food Losses. *Food Review*, 20 (1): 2-12.
- LOZANO-OLVERA, Gabriela, OJEDA-BENITEZ, Sara, CASTRO-RODRIGUEZ, Juan Ramon, BRAVO-ZANOQUERA, Miguel ve RODRIGUEZ-DIAZ, Antonio (2008). Identification of Waste Packaging Profiles Using Fuzzy Logic. *Resources, Conservation and Recycling*, 52 (8-9): 1022-1030.
- LUNDIE, Sven ve PETERS, Gregory M. (2005). Life Cycle Assessment of Food Waste Management Options. *Journal of Cleaner Production*, 13 (3): 275-286.
- MENA, Carlos, ADENSO-DIAZ, Belarmino ve YURT, Öznur (2011). The Causes of Food Waste in The Supplier-Retailer Interface: Evidences from The UK and Spain. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6): 648-658.
- NASIRI, Fuzhan ve HUANG, Gordon (2008). A Fuzzy Decision Aid Model for Environmental Performance Assessment in Waste Recycling. *Environmental Modelling and Software*, 23 (6): 677-689.
- ÖTLEŞ, Semih, DESPOUDI, Stella, BUCATARIU, Camelia ve KARTAL, Canan (2015). Food Waste Management, Valorization and Sustainability in The Food Industry. Charis M. Galanakis (Ed.), *Food Waste Recovery: Processing Technologies and Industrial Techniques* içinde (s. 3-23). San Diego: Elsevier Academic Press. <http://store.elsevier.com/product.jsp?isbn=9780128003510> Erişim Tarihi: 26.12.2015.
- PARFITT, Julian, BARTHEL, Mark ve MACNAUGHTON, Sarah (2010). Food Waste within Food Supply Chains: Quantification and Potential for Change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365 (1554): 3065-3081.
- SANTIBANEZ-AGUILAR, Jose Ezequiel, PONCE-ORTEGA, Jose Maria, GONZALEZ-CAMPOS, J. Betzabe, SERNA-GONZALEZ, Medardo ve EL-HALWAGI, Mahmoud M. (2013). Optimal Planning for The Sustainable Utilization of Municipal Solid Waste. *Waste Management*, 33 (12): 2607-2622.



- STANCIULESCU, C., FORTEMPS, Philippe, INSTALLE, Michel ve WERTZ, Vincent (2003). Multiobjective Fuzzy Linear Programming Problems with Fuzzy Decision Variables. *European Journal of Operational Research*, 149 (3): 654-675.
- T.C. TEKİRDAĞ VALİLİĞİ, İL ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK İL MÜDÜRLÜĞÜ (t.y.). Atık Yönetiminde Geri Dönüşüm. <http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/geridonusum.pdf> Erişim Tarihi: 24.09.2015.
- TUŞ, Ayşegül (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- ÜNAL, Zeynep (2011). *Sürdürülebilir Kalkınma Açısından Ambalaj Atıklarının Geri Dönüşümü: Bir Toplama-Ayırma Tesisinde Doğrusal Programlama Uygulaması* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Niğde.
- WESTENDORF, Michael L. (2000). Food Waste As Animal Feed: An Introduction. Michael L. Westendorf (Ed.), *Food Waste to Animal Feed* içinde (s. 3–16). Iowa: Iowa State University Press/Ames.
- WOON, Kok Sin ve LO, Irene M. C. (2016). A Proposed Framework of Food Waste Collection and Recycling for Renewable Biogas Fuel Production in Hong Kong. *Waste Management*, 47 (Part A): 3-10.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (WCED) (1987). *Our Common Future*. Oxford: Oxford University Press. <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf> Erişim Tarihi: 16.03.2015.
- YAPICI, Nimet (2000). *Bulanık Doğrusal Programlamaya Sinir Ağları Yaklaşımı* (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- ZENG, Yinghui ve TRAUTH, Kathleen M. (2005). Internet-Based Fuzzy Multicriteria Decision Support System for Planning Integrated Solid Waste Management. *Journal of Environmental Informatics*, 6 (1): 1-15.

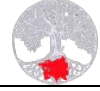
EKLER

Ek 1: Önerilen Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlama Modellerine Ait x_{ij} Karar Değişkenlerinin Açıklamaları

Karar Değişkenleri	Karar Değişkenlerinin Açıklamaları
x_{22}	: Şubat ayında Kemalpaşa-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
x_{24}	: Şubat ayında Kemalpaşa-3'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
x_{26}	: Şubat ayında Karşıyaka A.O.S.B'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
x_{31}	: Mart ayında Torbalı'dan işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
x_{32}	: Mart ayında Kemalpaşa-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
x_{33}	: Mart ayında Kemalpaşa-2'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı



- x_{36} : Mart ayında Karşıyaka A.O.S.B'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{41} : Nisan ayında Torbalı'dan işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{42} : Nisan ayında Kemalpaşa-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{43} : Nisan ayında Kemalpaşa-2'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{47} : Nisan ayında Armutlu-Örnekköy-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{51} : Mayıs ayında Torbalı'dan işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{52} : Mayıs ayında Kemalpaşa-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{56} : Mayıs ayında Karşıyaka A.O.S.B'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{57} : Mayıs ayında Armutlu-Örnekköy-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{62} : Haziran ayında Kemalpaşa-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{64} : Haziran ayında Kemalpaşa-3'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{68} : Haziran ayında Armutlu-Örnekköy-2'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{611} : Haziran ayında Denizli'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{71} : Temmuz ayında Torbalı'dan işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{72} : Temmuz ayında Kemalpaşa-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{76} : Temmuz ayında Karşıyaka A.O.S.B'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{711} : Temmuz ayında Denizli'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{81} : Ağustos ayında Torbalı'dan işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{82} : Ağustos ayında Kemalpaşa-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{85} : Ağustos ayında Kemalpaşa-4'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{86} : Ağustos ayında Karşıyaka A.O.S.B'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{89} : Ağustos ayında Armutlu-Örnekköy-3'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{91} : Eylül ayında Torbalı'dan işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{92} : Eylül ayında Kemalpaşa-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{94} : Eylül ayında Kemalpaşa-3'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{101} : Ekim ayında Torbalı'dan işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı



- x_{102} : Ekim ayında Kemalpaşa-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{103} : Ekim ayında Kemalpaşa-2'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{104} : Ekim ayında Kemalpaşa-3'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{111} : Kasım ayında Torbalı'dan işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{112} : Kasım ayında Kemalpaşa-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{1110} : Kasım ayında Salihli'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{121} : Aralık ayında Torbalı'dan işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı
 x_{122} : Aralık ayında Kemalpaşa-1'den işletmeye gelen gıda ve tarım ürünleri atık miktarı

Ek 2: Önerilen Doğrusal Programlama Modelinin Lindo 6.01 Yazılım Paket Programı İle Çözümü

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 11
OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 248046.1

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X22	0.000000	0.722000
X24	0.000000	1.536000
X26	0.000000	1.282000
X31	0.000000	2.892000
X32	0.000000	0.453000
X33	0.000000	2.246000
X36	0.000000	0.494000
X41	0.000000	1.196000
X42	0.000000	0.354000
X43	36380.000000	0.000000
X47	0.000000	1.191000
X51	0.000000	0.968000
X52	0.000000	0.375000
X56	0.000000	0.941000
X57	13380.000000	0.000000
X62	166500.000000	0.000000
X64	130400.000000	0.000000
X68	5180.000000	0.000000
X611	9190.000000	0.000000
X71	0.000000	0.448000
X72	0.000000	0.559000
X76	41840.000000	0.000000
X711	0.000000	0.523000
X81	106500.000000	0.000000
X82	0.000000	0.152000
X85	2000.000000	0.000000
X86	0.000000	1.467000
X89	13500.000000	0.000000



X91	0.000000	0.373000
X92	0.000000	0.400000
X94	0.000000	0.040000
X101	0.000000	0.438000
X102	0.000000	0.255000
X103	0.000000	2.177000
X104	0.000000	0.040000
X111	0.000000	0.307000
X112	0.000000	0.661000
X1110	1900.000000	0.000000
X121	0.000000	0.345000
X122	0.000000	1.086000

Ek 3: Önerilen Bulanık Doğrusal Programlama Modelinin Lindo 6.01 Yazılım Paket Programı İle Çözümü

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 13
OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 185971.3

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
A1	0.000000	0.576000
A2	0.000000	0.645000
A3	0.000000	1.000000
A4	0.000000	0.761000
A5	0.000000	1.000000
A6	0.000000	0.375000
A7	1.000000	0.000000
A8	0.000000	1.000000
A9	0.000000	1.000000
A10	1.000000	0.000000
A11	0.000000	1.000000
X22	0.000000	0.722000
X24	0.000000	1.536000
X26	0.000000	1.282000
X31	0.000000	2.892000
X32	0.000000	0.453000
X33	0.000000	2.602000
X36	0.000000	0.494000
X41	0.000000	1.196000
X42	0.000000	0.354000
X43	0.000000	0.356000
X47	0.000000	1.191000
X51	0.000000	0.968000
X52	0.000000	0.375000
X56	0.000000	0.941000
X57	13379.000000	0.000000
X62	166500.000000	0.000000
X64	130400.000000	0.000000
X68	0.000000	1.845000



X611	0.000000	2.105000
X71	0.000000	0.448000
X72	0.000000	0.559000
X76	41840.000000	0.000000
X711	0.000000	2.628000
X81	106500.000000	0.000000
X82	0.000000	0.152000
X85	0.000000	4.992000
X86	0.000000	1.467000
X89	0.000000	0.758000
X91	0.000000	0.373000
X92	0.000000	0.400000
X94	0.000000	0.040000
X101	0.000000	0.438000
X102	0.000000	0.255000
X103	0.000000	2.533000
X104	0.000000	0.040000
X111	0.000000	0.307000
X112	0.000000	0.661000
X1110	1899.000000	0.000000
X121	0.000000	0.345000
X122	0.000000	1.086000
U23	0.000000	0.355000
V23	36380.000000	0.000000
U45	0.000000	0.239000
V45	2000.000000	0.000000
U78	0.000000	1.054000
U79	0.000000	1.054000
U89	0.000000	0.000000
V78	5180.000000	0.000000
V79	13500.000000	0.000000
V89	0.000000	0.000000
U1011	0.000000	5.418000
V1011	9190.000000	0.000000



TO PROVIDE THE COMPETITIVE EDGE IN THE RAPIDLY CHANGING AND DEVELOPING WORLD: PERFORMANCE EVALUATION OF STATE UNIVERSITIES ESTABLISHED IN TURKEY IN 1992, BY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS METHOD

Ahmet Ergülen*, **Halim Kazan****, **İbrahim Harmankaya*****

* Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey*, Istanbul University, Istanbul, Turkey**,
Selcuk University, Konya, Turkey***

E-mail: aergulen@konya.edu.tr*, halim.kazan@istanbul.edu.tr**,

ibrahimharmankaya@selcuk.edu.tr***

Copyright © 2017 Ahmet Ergülen, Halim Kazan, İbrahim Harmankaya. This is an open access article distributed under the Eurasian Academy of Sciences License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT

State universities are established by law with public legal personality and are independent institutions. In the world, which is in the process of rapid development and change, there is a human factor at the beginning of achieving competitive superiority and development. As for socially competitiveness, it depends on growing qualified people to compete. We can achieve this through education. Universities obtain similar outputs, using similar inputs, although they are independent of each other and therefore unrelated. Because they are unrelated to each other, it is almost impossible to compare productivity with each other. When the performances of higher education institutions are evaluated, the elements such as the number of academic staff, the number of administrative staff, the number of students, the number of students graduated each year, the amount of annual budget, the amount of annual expenditure, the studies that have been successful, scientific studies of academic personnel, and university rankings are considered. With similar inputs and similar outputs because of their independence from each other, data-enveloping analysis which aims to make relative activity comparison in the study and which utilizes linear programming principles, and is a non-parametric technique that can gain insight into managerial mechanisms is used. In this study, data on state universities established in 1992 were selected. The information provided in the official report of the year 2014 that these universities made public in 2015 is taken as basis. And the URAP Research Laboratory of the Informatics Institute of the Middle East Technical University, which independently evaluated and ranked universities' performance, was used for the year 2014. The purpose of the research is to evaluate the relative activities of the selected higher education institutions on their outputs using data inputs. The fact that the official reports of universities are not prepared in such a way as to provide the data association constitute the limitations of the study. For this reason, it is preferred that the selected input and output values are as general as possible in a competitive environment where education brings individual development together with wider social and economic development, the aim of this study is; by measuring the relative activities of these universities established in the same period. The relative activities of these 23 state universities in the year 2014 have been analyzed. And evaluations were made about the ineffectiveness of inactive universities in terms of input and output values. Evaluations were made on the ways in which they must follow to become effective. Furthermore, according to the results of the performance evaluation made by URAP Research Laboratory of Informatics Institute of Middle East Technical University, the performances of these 23 universities which have been lined; was evaluated together with the methods and scope of the performance applied in this study.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Event effectiveness -measurement, Education, Universities.

JEL Classification: C-C6-C67



Hızla Gelişen ve Değişen Dünyada Rekabette Üstünlüğü Sağlamak: Türkiye’de 1992’de kurulan devlet üniversitelerinin, Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle, Performans Değerlendirmesi

ÖZET

Devlet üniversiteleri, kamu tüzel kişiliğine haiz olarak kanunla kurulmuş, birbirlerinden bağımsız kurumlardır. Hızla gelişme ve değişme sürecinde olan dünyada, rekabette üstünlüğü elde etmenin ve kalkınmanın başında insan faktörü bulunmaktadır. Bu da toplumsal olarak rekabet gücünü kazanmada, rekabet edebilecek nitelikte insan yetiştirmeye bağlıdır. Bu kazanımı da eğitim ile elde edebiliriz. Üniversiteler, birbirlerinden bağımsız ve dolayısıyla ilişkisiz olmalarına rağmen benzer girdiler kullanarak, benzer çıktılar elde etmektedirler. Birbirleriyle ilişkisiz olmaları nedeniyle birbirlerine göre verimlilik karşılaştırması yapmak neredeyse imkânsız hale gelmektedir. Yükseköğretim kurumlarının performansları değerlendirilirken akademik personel sayısı, idari personel sayısı, öğrenci sayısı, her yıl mezun olan öğrenci sayısı, yıllık bütçe miktarı, yıllık harcama miktarı, patenti alınan çalışmalar, akademik personelin bilimsel çalışmaları, bağımsız kuruluşlarca üniversitelere ait veriler kullanılarak yapılan üniversite sıralamaları gibi birbirinden farklı unsurlar göz önünde bulundurulmaktadır. Bu benzer girdilerle, benzer çıktılar elde edilirken birbirlerinden bağımsız olmaları nedeniyle, çalışmada görece etkinlik karşılaştırması yapmayı amaçlayan ve doğrusal programlama prensiplerinden yararlanan, yönetsel mekanizmalara iç görü kazandırabilecek parametresiz bir teknik olan veri zarflama analizi kullanılmıştır. Bu çalışmada, veri olarak 1992’de kurulan devlet üniversitelerine ait veriler seçilmiş, bu üniversitelerin 2015 yılında kamuoyuna açıkladıkları 2014 yılı resmi faaliyet raporlarındaki bilgiler ve bağımsız olarak üniversitelere ait performans değerlendirmesi ve sıralaması yapan Orta Doğu Teknik Üniversitesi Enformatik Enstitüsü URAP Araştırma Laboratuvarı 2014 yılı verileri esas alınmıştır. Araştırmanın amacı, seçilen yükseköğretim kurumlarının veri girdileri kullanarak ulaştığı çıktılarda, görece etkinliklerinin değerlendirilmesidir. Üniversitelerin kamuoyuna açıkladıkları resmi faaliyet raporlarının, veri birliğini sağlayacak şekilde hazırlanmaması, çalışmanın sınırlılıklarını oluşturmaktadır. Bu nedenle seçilen girdi ve çıktı değerlerinin mümkün olduğunca, genel veriler olması tercih edilmiştir. Eğitimin, bireysel gelişmeyi sağladığı gibi, daha geniş anlamda toplumsal ekonomik ve sosyal kalkınmayı da beraberinde getirdiği bir rekabet ortamında, bu çalışmanın amacı; aynı dönemde kurulan bu üniversitelerin göreceli etkinliklerini ölçerek öneriler geliştirmektir. Bu 23 devlet üniversitesinin 2014 yılı göreceli etkinlikleri analiz edilmiş ve etkin olmayan üniversitelerin hangi girdi ve çıktı değerler bağlamında etkin olmadığı, etkin hale gelebilmeleri için izlemeleri gereken yollar ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca Orta Doğu Teknik Üniversitesi Enformatik Enstitüsü URAP Araştırma Laboratuvarınca yapılan performans değerlendirmesi sonuçlarına göre sıralamaları yapılmış olan bu 23 üniversitenin performansları; bu çalışma kapsamında uygulanan yöntem ve kapsamda ortaya çıkan performansları ile bir arada değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Veri Zarflama Analizi, Etkinlik Ölçümü, Eğitim, Üniversiteler.

JEL Sınıflaması: C-C6-C67

GİRİŞ

Gelişmekte olan ülkelerde eğitim, toplum refahının artması ve ülke kalkınmasındaki en temel taşıdır. Bu bağlamda halen gelişmekte olan ülkeler arasında bulunmamız dolayısıyla eğitim faaliyetlerinin çok önem bir misyonu olmakla birlikte bu misyonun en önemli uygulayıcılarından bir tanesi de en üst noktada, insanlara eğitim veren, yetiştiren ve nitelikli bilgi üreten yükseköğretim kurumlarıdır. Ülkemizde yükseköğretim kurumları nitelikli iş gücünün ve nitelikli bilginin milli ekonomiye kazandırılmasında en büyük pay sahibidir. Gelişmekte olan ülkemizde önemli bir misyonu olan yükseköğretim kurumlarımızın nitelikli insan yetiştirme ve nitelikli bilgi üretmede kullanmış oldukları kaynakların (girdilerin) ve bu kullanılan kaynaklar neticesinde ortaya çıkan verilerin (çıktıların) ortaya çıktığı süre zarfında ne kadar etkin kullanılabildiğinin ölçülmesi yönetsel mekanizmalara iç görü kazandırabilecek önemli bir çalışma alanıdır. Üniversitelerimiz kamu tüzel kişiliğine haiz kanunla kurulmuş, teşkilatlanmış, içyapılarına göre ise mal topluluğu şeklinde belirli bir sosyal amaca özgülünlüğüne birbirinden bağımsız kurumlardır. Birbirlerinden bağımsız ve dolayısıyla ilişkisiz olmalarına rağmen benzer girdilerle (gelirler, akademik personel sayısı, idari personel sayısı, fiziki alanlar, vs.) benzer çıktılar (öğrenci sayısı, mezun öğrenci sayısı, giderler, akademik yayınlar, patentler, projeler, vs.) elde etmektedirler. Bu çalışmada birbirlerinden bağımsız ve ilişkisiz olarak birçok girdiyle birçok çıktı elde eden üniversiteler içerisinde parasal kaynaklarının büyük bölümünü hazine yardımlarının oluşturduğu, kısmen de olsa öz gelirleri olan, devlet üniversitesi olarak faaliyet gösteren, 1992’de Türkiye’nin her bölgesinde kurulmuş olan 23 üniversite seçilmiştir. Bu çalışmada birimlerin etkinliklerinin ölçülmesinde birimlerin birbirleriyle kıyaslanmasını mümkün kılmak için görece etkinlik karşılaştırması yapmayı amaçlayan ve doğrusal programlama prensiplerinden yararlanan, parametresiz bir teknik olan veri zarflama analizi tekniği ve veri zarflama analizi için kurulacak doğrusal programlama modeli için LİNDÖ paket programı kullanılmıştır.



Etkinlik ölçüm tekniklerinden günümüzde en çok kullanılanlardan birisi olan Veri Zarflama Analizi (VZA/Data Envelopment Analysis-DEA), sağlık sektöründen, bankacılık sektörüne, üniversitelerden, imalat sektörüne, turizm sektöründen, fast food restoranlara kadar oldukça geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Yöntemin ilk örneği Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından, Farrell'in sınırlı üretim fonksiyonu kavramına dayanarak kar amacı gütmeyen kamusal faaliyetlere katkı sağlayan kuruluşların teknik etkinliğinin ölçülmesi amacıyla yapılmıştır (Yavuz, 2001, s. 8). 1978'de Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen CCR modeli Veri Zarflama Analizinin ilk adımıdır (Kecek, 2010, s. 56). Buradaki modelde girdilerden ve çıktılardan oluşan sistem karar verici birim olarak tanımlanmıştır. KVB'ler girdileri çıktılara dönüştürmekten sorumlu birimlerdir. Süreçteki performansları yapılan çalışma, etkinlik analizinin konusunu oluşturmaktadır. Bu son derece esnek tanımdan hareketle KVB'ler benzer girdilerle benzer çıktılar elde eden hastaneler, üniversiteler, bankalar, oteller, imalathaneler, belediyeler v.b. olabilmektedir. Bu nedenle seçilmesinin anlamlılığı olan birimlerin aynı girdileri ve aynı çıktıları veri olarak kullanılarak bu yöntemle birbirlerine göreli etkinlikleri ölçülebilmektedir.

1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Görelilik etkinliği ölçüm tekniklerinin kullanımında günümüzde gözle görülür bir artış gözlenmektedir. Bu tekniklerin kullanımı araştırmacılara veya yönetsel mekanizmalara çeşitli faydalar sağlamaktadır. İlk olarak benzer birimler düzeyinde görelilik etkinliği analizi yapılarak karar vericilere karar vermede en uygun kararı verebilmeleri için kısmi etkinlik analizi yapılabilmektedir (Bakırcı, 2006, s. 119). İkinci olarak analize konu olan birimler arasında diğer birimlere nazaran güçlü ve zayıf yönleri karar vericilerin odaklanması sağlanabilmektedir (Başkaya & Avcı, 2011, s. 14). Son olarak analizler neticesinde etkin olarak ortaya çıkan ve etkinlik sınırını (ya da etkinlik düzeyini) oluşturan birimlere kıyasla, etkin olmayan birimlerin etkinliğini artırabilmesi için politikalar üretilmesine yardımcı olunabilmektedir (Yolalan, 1993). Benzer girdiler kullanarak benzer çıktılar üreten birimler için düşünürsek diğer birimlere nazaran sahip olunan girdilerle nasıl daha fazla çıktı elde edilebileceği yani performans düzeyinin nasıl daha da yükselebileceği ya da mevcut çıktı düzeyinde diğer birimlere nazaran etkin durumdaysa ve çıktıları artırma imkânı yoksa aynı çıktı düzeyinde kalabilmek için ne kadar tasarrufta bulunulabileceğinin görülmesi açısından etkinlik ve etkinlik ölçümünün önemi açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır.

Görelilik etkinliği ölçüm tekniklerinden Veri Zarflama Analizine ilişkin eğitim alanında literatür incelendiğinde yapılan bazı çalışmalar aşağıda belirtilmiştir.

(Bal, 2013) Çalışmasında Türkiye'de hizmet veren 23 Vakıf Üniversitesinde 2010 yılı verilerini esas alarak etkinliklerini hesaplamış, etkin olarak çalışmayan üniversitelerin daha verimli olarak hizmet verebilmesi ve kaynak israfının önlenmesi için azaltılması gereken girdi ve arttırmaları gereken çıktı miktarlarını tespit etmiştir.

(Oruç, Güngör, & Demiral, 2009) Çalışmalarında 24 devlet üniversitesinin 2006 yılı verileri esas alınarak 6 adet girdiden ve 7 adet çıktıdan oluşan veri seti ile etkinlik ölçümü yapmış ve çıkan sonuçlara dair analizler yapmıştır.

(Doğan, 2010) Çalışmasında 22 adet devlet üniversitesinin 2004-2008 yılları arasındaki verilerini baz alarak etkinlik ölçümü yapmış, yıllar itibarıyla üniversitelerin etkinlik değişimlerini analiz etmiş, etkinlik oranı konusunda gelişme gösteren, aynı oranda kalan, her yıl tam etkin çıkan, etkinliği yakalayamayan ve etkinliği azalan üniversiteleri belirlemiş, sonuçlarını değerlendirmiştir.

(Sarıca, 2007) Çalışmasında üniversitelerin performans esaslı yönetimine katkı sağlamak, veri zarflama analizi tabanlı bir karar destek sistemi oluşturabilme amacıyla, bir üniversite içerisindeki fakülteler arasında 1999-2000 ve 2005-2006 yılları girdi ve çıktı değerlerini kullanarak etkinlik analizi yapmıştır.

(Akyol, 2009) Çalışmasında 20 devlet üniversitesinin 2007-2008 yılı faaliyet raporu verilerinden hareketle 7 adet girdi ve 7 adet çıktılarını kullanarak etkinlik analizlerini yapmış, etkin çıkanları belirlemiş, etkin çıkmayan üniversitelerin, etkin olabilmeleri için gerekli analizleri yaparak değerlendirmelerde bulunmuştur.

(Bakırcı & Babacan, 2010) Çalışmalarında Türkiye'deki İktisadi ve İdari Bilimler Fakültelerinin 2000-2005 yılları arasındaki etkinlik analizi yapmış, böylece bütün iktisadi ve idari bilimler fakültelerinin etkinlik analizleri neticesinde, gerekli değerlendirmeleri yapmışlardır.

(Kutlar & Kartal, 2004) Çalışmalarında Cumhuriyet Üniversitesinin fakültelerinin 200-2004 yılları dönemindeki etkinlik analizini yapmışlar ve çıkan etkinlik skorlarına göre, yönetsel mekanizmalara iç görü kazandırabilecek bir sonuç ortaya koymuşlardır.

(Baysal, Alçılar, Çerçioğlu, & Toklu, 2005) Çalışmalarında Türkiye'deki 50 devlet üniversitesinin 2004 yılı görelilik etkinliği analiz etmiş, 2004 bütçe performansına göre yapılan bütçe tahsisini 2005 yılı bütçe tasarısı ile karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma ile 2004 yılı etkinlik skorları ile performansa göre bütçe tahsisi anlayışına göre 2005 yılı bütçe tasarısını karşılaştırmış ve analiz etmişlerdir.

(Yalçın & Tavşancıl, 2014) Çalışmalarında PISA uygulamalarında 2003-2006-2009 öğrenci anketlerinden ve bilişsel beceri testlerinden elde edilen bilgilerle üç uygulama döneminde ortak olan okul türleri için her bir uygulama dönemi bazında kendi içinde etkinlik analizlerini yapmış, etkin olmayan okul türleri için etkin olabilmesi konusunda yapılması gereken çalışmalar hakkında değerlendirmeler yapmıştır.



(Baysal & Toklu, 2001) Çalışmalarında Konya ilinde 11 lise bazında etkinlik ölçümü gerçekleştirmiş, etkin çıkmayan liselerle ilgili olarak etkinleştirme hedefine yönelik artırılması ve azaltılması gereken girdi ve çıktı değerleriyle ilgili değerlendirmeler yapmıştır.

(Kecek, 2010) Çalışmasında Kütahya il merkezinde bulunan, orta öğretim yerleştirme puanına göre ilk 20 ilköğretim okulunun orta öğretim yerleştirme puanına göre etkinliklerinin belirlenmesini gerçekleştirmiştir.

(Özden, 2008) Çalışmasında Türkiye'deki 24 vakıf üniversitenin tamamının 2006 yılı itibariyle görel etkinliklerini belirlemek için 3 girdi ve 5 çıktıdan oluşan veri seti ile incelemiş ve etkin çıkmayan üniversitelerle ilgili olarak atıl kapasite veya eksik girdi değerlerinin belirlenmesine yönelik değerlendirmeler yapmıştır.

(Atan, Karpat, & Göksel, 2002) Çalışmasında Ankara'daki 22 tane Anadolu Lisesinin 2001 yılına ait 6 girdi ve 4 çıktıdan oluşan veri setini kullanarak etkinliklerinin hesaplamış, etkin çıkmayan liselerin etkin hale gelebilmesi için gerekli değişimlerle ilgili olarak önerilerde bulunmuştur.

(Göktolga & Artut, 2011) Çalışmasında Sivas İlinde 35 lise kapsamında 2009 yılına ait 6 girdi ve 3 çıktıdan oluşan veri seti kullanılarak okul başarıları incelenmesi amacıyla etkinlikleri incelenmiştir, başarı durumları daha düşük olan liselerin başarılı hale gelebilmesi için önerilerde bulunmuş, başarılı olanların mevcut durumlarını devam ettirebilmeleri için olması gereken durumları hakkında önerilerde bulunmuştur.

(Uzgören & Şahin, 2013) Çalışmasında Dumlupınar Üniversitesindeki öğrencisi olan 10 meslek yüksekokulunun 2011 yılı verilerini esas alarak 4 girdi ve 2 çıktıdan oluşan veri setine istinaden etkinliklerini incelemiştir, etkin olmayan meslek yüksekokullarının zayıf yönlerinin güçlendirilebilmesi için önerilerde bulunmuştur.

2. VERİ ZARFLAMA ANALİZİ(VZA)

2.1. VZA'nın Güçlü ve Zayıf Yönleri

VZA'nın güçlü yönleri; Etkin çıkmayan KVB'lerde etkin olmayan veri setleri üzerine yoğunlaşılması sağlanabilir. Sürekli yenilenen şekilde bir başvuru kaynağı olması sebebiyle geriye veri tabanı oluşturmaya katkıda bulunmaktadır. Temel veriler sürekli güncellenerek görel etkinlik değişimleri gözlemlenebilir.

VZA'nın zayıf yönleri ise, VZA'da etkinlik analizi sonuç itibariyle birçok girdi ve çıktı kullanılarak gerçekleştirildiği için etkin olmayan KVB'lerin hangi girdi ve/veya çıktı değerine yoğunlaşarak etkin hale geleceği konusunda birden çok seçenek ortaya çıkmaktadır. Bu durumda ise hangisinin seçileceği hususu araştırmacının veya yönetsel mekanizmadakilerin yargısına ve tecrübesine kalmıştır (Erpolat, 2011, s. 62). Bazı birimlerin yoğunlaştığı konular üzerinde diğer birimlerde hiç bir faaliyet olmaması da etkinlik ölçümünü zayıflatmaktadır. VZA sadece etkinsizliği belirler ve etkililiği dikkate almaz, bunun yanında veri zarflama analizi fiziksel girdi ve çıktılara dayalı olduğu için örneğin, bir çıktı ölçüsü olarak kalite indeksi, personel sicil notları, ya da öğrenci anket puanlarının kullanılması yanıltıcı sonuçlara götürebilmektedir. Yöntemin kullanılması, verilerin elde edilmesi ve yorumlanması, kullanıcının tecrübe ve bilgisine bağımlı olabilir. İlgili girdi-çıkıtı birimlerini ve değerlerini seçmek oldukça önemlidir. Ayrıca bazı girdi ve çıktılar değerlendirilme dışı bırakıldığında, yapılan etkinlik analizi yanıltıcı sonuçlar verebilir. Bazı etkinsizlik durumları kontrol edilemeyen bileşenlere bağlı olabilir bu nedenle istenilen hedefe ulaşmak mümkün olmayabilir (Yavuz, 2001, s. 54-55). KVB'lerde gerçekleştirilen her faaliyetin verisinin diğer KVB'lerde de veri birliğini sağlayacak şekilde hazırlanmıyor olmasının da veri setinin oluşturulmasında olumsuz etkisi bulunmaktadır. Böyle durumda ya ilgili veriler değerlendirme dışı bırakılmakta ya da kullanılan veriler yanlış sonuca götürebilmektedir.

2.2. Kapsam ve Veriler

Çalışmada karar birimleri için 2014 yılına ait olmak üzere Dört adet girdi (**akademik personel sayısı, idari personel sayısı, toplam ödenek ve akademik birim sayısı**) ve Dört adet çıktı (**öğrenci sayısı, mezun olan öğrenci sayısı, toplam harcama ve urap puanı**) ele alınmıştır ve aşağıda Tablo-1'de gösterilmiştir.



Tablo 1: Veri Seti

<http://dx.doi.org/10.17740/eas.stat.2017-insemp-3>

Birim Kodu	BİRİMLER	GİRDİLER				ÇIKTILAR			
		Akademik Personel Sayısı	İdari Personel Sayısı	Toplam Ödenek	Akademik Birim Sayısı	Öğrenci Sayısı	Mezun Olan Öğrenci Sayısı	Toplam Harcama	Urap Puanı
A1	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	1238	784	153770487	42	25939	4130	147737287	480
A2	Adnan Menderes Üniversitesi	1575	1163	200307510	65	40883	7386	189471819	454
A3	Afyon Kocatepe Üniversitesi	1306	865	200035307	72	42260	8280	190090224	451
A4	Balıkesir Üniversitesi	1094	662	160712827	61	42728	6743	153097259	390
A5	Bülent Ecevit Üniversitesi	1122	908	192144190	56	26503	4396	164239353	445
A6	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	1556	771	210614811	71	42429	7695	203355928	471
A7	Dumlupınar Üniversitesi	1202	784	185514269	57	49592	10831	166967014	447
A8	Gaziosmanpaşa Üniversitesi	1158	985	155580645	54	29257	5769	139756068	540
A9	Gebze Teknik Üniversitesi	474	286	77917663	23	6051	397	74734518	701
A10	Harran Üniversitesi	959	918	244972152	49	20899	3890	231887048	400
A11	İzmir Yüksek Teknolojisi Enstitüsü	499	384	88935286	13	3801	475	82098299	693
A12	Kafkas Üniversitesi	854	447	157386010	42	17014	2927	136102588	526
A13	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi	1181	831	192737978	45	29813	5239	180465105	497
A14	Kırıkkale Üniversitesi	1111	882	170519096	45	30331	5060	160855975	463
A15	Kocaeli Üniversitesi	2075	1703	257903296	92	74212	12500	245221796	562
A16	Manisa Celal Bayar Üniversitesi	1532	1193	215871488	53	39327	9028	196126523	486
A17	Mersin Üniversitesi	1591	1488	235307936	67	37030	4967	217524664	523
A18	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	1371	815	166155698	77	36592	5704	162478411	429
A19	Mustafa Kemal Üniversitesi	1220	887	188493397	68	34290	6306	176255586	479
A20	Ömer Halisdemir Üniversitesi	808	513	110440697	32	22412	4041	99249299	416
A21	Pamukkale Üniversitesi	1955	1548	240706263	60	48945	7299	233404046	502
A22	Sakarya Üniversitesi	1931	743	242536516	54	79833	11138	239331747	476
A23	Süleyman Demirel Üniversitesi	2151	1534	283539296	98	60883	11199	234553709	588

*Değişkenlere ait verilere birimlerin 2104 yılı faaliyet raporları, Yüksek Öğretim Kurulu web sitesi yükseköğretim istatistikleri ve Orta Doğu teknik Üniversitesi Enformatik Enstitüsü URAP Araştırma Laboratuvarınca hazırlanan verilerden ulaşılmıştır.



3. COĞRAFİ BÖLGE ESASINA DAYALI ETKİNLİK ANALİZİ YAPILAN ÜNİVERSİTELER

Karar birimleri olarak Türkiye 1992’de kurulmuş 23 devlet üniversitesi çalışmaya esas olarak seçilmiştir. Seçilen üniversitelerin belirli bir düzeyde, daha önce bağlı oldukları üniversitelerden akademik bir tecrübe, kurum kültürü ve belirli düzeyde akademik personel, idari personel, öğrenci gibi unsurları devralmış olmaları önem arz etmektedir. Bu unsurlara ek olarak kurulmuş oldukları bölgeler itibariyle bölgesel kalkınmışlık, sosyal-demografik yapı, kuruldukları şehirlerin ekonomik yapısı gibi, nüfus miktarı, bölgenin ulaşım özellikleri gibi unsurlar kuruluşundan bu yana bu üniversitelerin şekillenmesinde etkili olmuştur. Çalışmaya esas olarak seçilen 23 üniversitenin hepsinin aynı tarihte kurulmuş olması zaman içinde aralarında oluşan farklılıklar ve farklılıkların sebeplerinin incelenmesi açısından da oldukça önemlidir.

4. YÖNTEM VE UYGULAMA

Çalışmada yöntem olarak bütün karar birimleri için CCR-VZA modelleri oluşturulmuş, LİNDÖ paket programında çözdürülmüş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. CCR-VZA sonuçları neticesinde etkin olmayan karar birimleri için Dual CCR-VZA modelleri oluşturulmuş ve LİNDÖ paket programında çözdürülmüş, referans seti oluşturulmuştur. Referans seti verilerine göre etkin olmayan karar birimleri için yeni girdi değerleri değişim oranları ortaya çıkmıştır. Ölçeğe göre artan veya azalan getiri değerlerini görmek için BCC-VZA modelleri oluşturulmuş ve LİNDÖ paket programında çözdürülerek sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.1. Veri Zarflama Analizi ve Etkinlik Ölçümü (VZA)

CCR Modeli (Charnes, Cooper ve Rhodes)

Bu model Veri Zarflama Analizinin ilk adımı olarak ortaya çıkan Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen modeldir. Bu model toplam etkinlik hakkında genel bir değerlendirme yapmaktadır, bu modelde yetersiz olan kaynaklar ve atıl olanlar belirlenmektedir.

$$\max hk = \sum_{r=1}^s Urk.Yrk$$

$$\sum_{r=1}^s Urk.Yrj - \sum_{j=1}^m Vik.Xij \leq 0 \quad ; j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^m Vik.Xik = 1$$

$$Urk \geq 0$$

$$; r=1, \dots, s$$

$$Vik \geq 0$$

$$; i=1, \dots, m$$

Bu eşitlikler kümesinde

Urk=k’inci karar biriminin r’inci çıktısının ağırlığı

Vik= k’inci karar biriminin i’inci çıktısının ağırlığı

Yrk=k’inci karar biriminin r’inci çıktı miktarı

Xik=k’inci karar biriminin i’inci girdi miktarı

Yrj=diğer (j’inci) karar birimlerinin çıktı miktarları

Xij=diğer (j’inci) karar birimlerinin girdi miktarlarını

m= girdi sayısı

s= çıktı sayısı

n= karar birimi sayısı’nı ifade etmektedir (Doğan, 2010, s. 52).

Yukarıda ifade edilen amaç fonksiyon ve kısıtlar çerçevesinde 23 üniversiteye ait veriler modellenerek LİNDÖ paket programında çözümlenmiş, Tablo-2’de ve Tablo-3’de belirtilen değerler ortaya çıkmıştır.



Dual Formülasyon

Primal olarak modellenen problemin, dual modelde tekrar modellenerek analiz edilmesi problem hakkında aynı bilgiyi verir, VZA doğrusal programı buna bir engel teşkil etmemektedir.

$$\min Qk \sum_{j=1}^n \lambda_{kj} \cdot Y_{rj} \geq Y_{rk} \quad ; \quad r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{kj} \cdot X_{ij} + qk \cdot X_{ik} \quad ; i = 1, \dots, m$$

;

$$\lambda_{kj} \geq 0 \quad -\infty \leq qk \leq +\infty \quad ; j=1, \dots, n$$

Dual modelde birincil (primal) model ek olarak λ ve q değişkenleri eklenmiştir. Qk değişkeni birincil modeldeki h_k değişkenine eşittir. İki modelin çözümünde aynı olacağından Qk , k 'nın etkinliğini vermektedir (Doğan, 2010, s. 54). Yukarıda ifade edilen amaç fonksiyon ve kısıtlar doğrultusunda CCR-VZA modelinde etkin olmayan KVB'lerin Primal Model formundan Dual Model formuna dönüştürülerek Tablo-4'te belirtilen referans seti oluşturulmuştur. Elde edilen referans setlerinden hareketle etkin olmayan 10 KVB'nin etkin olabilmesi için girdi miktarlarında olması gereken değişim miktarı yüzde olarak Tablo-6'da verilmiştir.

BCC Modeli (Banker, Charnes ve Cooper)

Charnes, Cooper ve Rhodes tarafından geliştirilen CCR modeli ölçeğe göre sabit getiri varsayımı ile geliştirildiğinden bu modelde çıktı miktarları girdi miktarlarındaki artış ile aynı oranda artıyorsa ölçeğe göre sabit getiriden bahsetmek mümkündür. İlerleyen dönemlerde teknik etkinlik ve bağımsız etkinlik değerlerinin birbirinden bağımsız ölçülebilmesi için Banker, Charnes ve Cooper ölçeğe göre değişken getiri sağlayan BCC modelini geliştirmişlerdir (Bakırcı, 2006, s. 71-80)

$$\max h_k = \sum_{r=1}^s U_{rk} \cdot Y_{rk}$$

$$\sum_{r=1}^s U_{rk} \cdot Y_{rj} - \sum_{j=1}^m V_{ik} \cdot X_{ij} \leq 0 \quad ; j = 1, \dots, n$$

$$\sum_{j=1}^m V_{ik} \cdot X_{ik} = 1$$

$$U_{rk} \geq 0 \quad ; r=1, \dots, s$$

$$V_{ik} \geq 0 \quad ; j=1, \dots, m$$

Bu modelde CCR-VZA modeline ek olarak U_0 değişkeni kullanılmaktadır. U_0 değişkeni, CCR-VZA modeline göre amaç fonksiyonunu maksimum eden ağırlıktır. $U_0 > 0$, $U_0 = 0$ ve $U_0 < 0$ olmak üzere 3 farklı değer alabilmektedir. $U_0 < 0$ olduğu durumda ölçeğe göre artan getiriden bahsedilebilir, bu durumda girdide meydana gelen 1 birimlik artışın çıktıda 1'den büyük bir artış yaratabilmesi durumudur. $U_0 = 0$ olduğu durumda ölçeğe göre sabit getiriden başka bir ifadeyle girdide meydana gelen 1 birimlik artışın çıktıda 1 birimlik artış yaratabilmesi durumudur. $U_0 > 0$ olduğu durumda ise ölçeğe göre azalan getiriden bahsedilmektedir, yani girdide meydana gelecek 1 birimlik bir artışın çıktıda 1'den küçük bir artış meydana getirmesi durumudur (Doğan, 2010, s. 55). Yukarıda ifade edilen amaç fonksiyon ve kısıtlar doğrultusunda tüm KVB'ler için BCC-VZA modellemesi yapılarak Tablo-5 'te belirtilen etkinlik sonuçları elde edilmiştir.

4.2. CCR- VZA Modeli Çözümü

Tablo 1'deki veriler kullanılarak 23 üniversiteye ait model oluşturulmuş ve LINDO paket programında çözümlenmiştir. Çözümleme sonucunda elde edilen etkinlik değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.



Tablo 2 :CCR-VZA Ayrıntılı Sonuç Tablosu

Birim Kodu	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Etkinlik
A1	0	0	0	0	0	0	0	0,000026	0,978
A2	-0,000007	0	0	0	0	0,000004	0	0	0,963
A3	0,000145	0	0	0	0	0,000013	0	0,000053	0,999
A4	0,000286	0	0	0	0,000002	0	0	0,000094	1
A5	0,000054	0	0	0	0	0,000007	0	0,000007	0,886
Birim Kodu	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	Etkinlik
A6	0	0,000013	0	0	0	0,000092	0	0,000019	0,988
A7	0	0	0	0	0	0,000028	0	0	1
A8	0	0	0	0	0	0	0	0,000179	0,936
A9	0	0	0	0	0	0	0	0,001427	1
A10	0,000027	0	0	0,002745	0	0	0	0	1
A11	0	0	0	0,0003432	0	0	0	0,00081	1
A12	0	0,002217	0	0	0	0	0	0,00027	1
A13	0,000054	0	0	0	0	0	0	0,000007	0,967
A14	0,000060	0	0	0	0	0	0	0,000008	0,971
A15	0	0,000017	0	0	0	0	0	0,000108	0,989
A16	0,000132	0	0	0	0	0,000012	0	0,000049	0,946
A17	0,000044	0	0	0	0	0	0	0,000005	0,948
A18	0	0	0	0	0	0	0	0,000024	0,993
A19	0,000154	0	0	0	0	0,000014	0	0,000057	0,970
A20	0	0	0	0	0	0,000039	0	0,000252	0,943
A21	0	0	0	0	0	0	0	0,000016	0,983
A22	0	0	0	0	0,000013	0	0	0	1
A23	0	0	0	0	0	0,000015	0	0,000098	0,854

Tablo 3: CCR-VZA Sonuç Tablosu

Birim Kodu	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
Etkinlik Değeri	0,978	0,963	0,999	1	0,886	0,988	1	0,936	1	1	1	1
Birim Kodu	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	
Etkinlik Değeri	0,967	0,971	0,989	0,946	0,948	0,993	0,970	0,943	0,983	1	0,854	

Çözümleme sonucunda elde edilen değerlere bakıldığında A1, A2, A3, A5, A6, A8, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A23 karar birimlerinin etkin olmadığı, A4, A7, A9, A10, A11, A12, A22 karar biriminin etkin olduğu söylenebilir. Bu sonuçlardan hareketle etkin olmayan karar birimlerini etkin hale getirebilmek için Dual modelde çözümleme yaparak, referans setlerini ve gölge fiyatlarını belirleyebiliriz.

Elde edilen veriler ışığında çalışmada incelenen 23 üniversiteden 7 tanesinin etkin değere ulaştığı 16 tanesinin etkin olmadığı görülmüştür.

Etkinlik değerlerinden hareket ederek etkin birimler ile etkin olmayan birimler için referans seti oluşturularak, başka bir ifadeyle etkin olmayan karar birimi için etkin olan karar birimleri referans alınarak yeniden girdi ve çıktı değerleri hazırlanacaktır. Etkin olmayan birim için referans setini bulmak, onu etkin hale getirebilmek içinde Dual CCR-VZA modeli kurulacaktır. Kurulan bu model, LİNDÖ paket programında çözümlenmiş ve aşağıdaki tabloda belirtilen referans seti tablosu oluşturulmuştur.



4.3. DUAL CCR-VZA Modeli Çözümü

Tablo 4: Dual CCR-VZA Modelde Bulunan Karar Birimleri için Etkinlik Değeri ve Referans Seti

Birim Kodu	Etkinlik	Referans Seti	Karar Değişkeni
A1	0,992	9,10,18,21,22	0,3029-0,0735-0,1105-0,3084-0,0755
A2	0,965	9,10,18,21,22	0,0484-0,0370-0,4849-0,0353-0,3769
A3	1	-	-
A4	1	-	-
A5	0,887	9,10,18,22	0,2291-0,3367-0,1167-0,2090
A6	1	-	-
A7	1	-	-
A8	0,946	7,9,15,18,22	0,1103-0,3918-0,2977-0,1019-0,1029
Birim Kodu	Etkinlik	Referans Seti	Karar Değişkeni
A9	1	-	-
A10	1	-	-
A11	1	-	-
A12	1	-	-
A13	0,968	9,10,18,21,22	0,2726-0,3087-0,0505-0,0265-0,3095
A14	0,973	3,9,10,18,22	0,0409-0,2498-0,2001-0,1355-0,2756
A15	1	-	-
A16	1	-	-
A17	0,953	9,10,18,22	1,4241-0,0691-0,1567-0,2907
A18	1	-	-
A19	0,970	3,9,10,22	0,3025-0,2099-0,1562-0,2792
A20	0,943	7,9,22	0,1732-0,3597-0,1814
A21	1	-	-
A22	1	-	-
A23	0,867	3,4,7,9,15,22	0,0538-0,3652-0,0345-0,0768-0,5372-0,1050

CCR-VZA modelinde tam etkinliğe ulaşamayan A1, A2, A3, A5, A6, A8, A13, A14, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A21, A23 karar birimlerinin referans setlerini oluşturabilmek ve etkin hale getirebilmek için Dual CCR-VZA modelinde çözümlenmiştir. Daha önce etkin olmayan ve çok yüksek bir etkinlik değerine sahip A3, A6, A15, A16, A18, A21 karar birimleri Dual CCR-VZA modelinde etkin çıkmıştır. Tablo 5'te etkin olmayan ve Dual CCR-VZA modelinde de etkin olamayan 10 KVB'nin etkin olabilmesi için referans setleri elde edilmiştir. Buna göre etkin olmayan karar biriminin, çıktılarının artırılması, girdilerinde, atıl olarak kullanılıp kullanılmadığı ya da belirlenen oranlar dâhilinde azaltmaya gidilip bu karar biriminin de etkin hale getirilmesi sağlanır. Pozitif değerli yüzdelerlik değişim atıl kapasitenin mevcut olduğu daha düşük bir seviyede olursa bile aynı performansın sağlanacağı anlamına gelmektedir. Çok fazla olmamakla birlikte negatif değerli yüzdelerlik değişimler ise etkin olabilmek için girdi miktarının artırılması anlamına gelmektedir. Bazı girdi değerlerindeki değişim oranı ise negatif ve pozitif değer almamıştır, bu nedenle bu girdilerde de değişim yapmaya gerek olmadığı sonucu çıkmıştır.

Tablo 5: Etkin Olmayan Karar Birimleri İçin Yeni Girdi Değişim Oranları

Birim Kodu	X1(%)	X2(%)	X3(%)	X4(%)
A1	0,10	0,01	0,01	0,01
A2	0,00	0,30	0,00	0,10
A5	0,11	0,31	0,11	0,25
A8	-0,10	0,12	-0,09	-0,04
A13	-0,36	-0,25	-0,27	-0,25
A14	0,03	0,31	0,03	0,03
A17	0,05	0,45	0,05	0,05
A19	0,03	0,24	0,21	0,27
A20	0,10	0,27	0,06	0,13
A23	-0,04	-0,03	0,31	-0,05



4.4. BCC-VZA Modeli Çözümü

Tablo 6: Tüm Karar Birimleri İçin BCC-VZA Etkinlik Sonuçları

Birim Kodu	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
Etkinlik Değeri	0,978	0,963	0,999	1	0,886	0,988	1	0,936	1	1	1	1
U0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Birim Kodu	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	
Etkinlik Değeri	0,967	0,971	0,989	0,946	0,948	0,993	0,970	0,943	0,983	1	0,854	
U0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

CCR-VZA modelinde karar birimlerinin sabit getirili ölçeğe tabi oldukları düşüncesi ile hareket edilmektedir. BCC-VZA modelinde ise etkinlik sınırları daha esnek olduğundan azalan, artan getirili ölçek durumları hesaba katıldığından değerler farklı çıkabilmektedir. CCR –VZA modelinde 16 birim etkin çıkmamış, Dual-CCR VZA modelinde 10 Birim etkin çıkmamıştır. Dual CCR VZA modelinde 6 birim tam etkinliğe ulaşmıştır. Tüm karar birimlerinde $U_0=0$ çıktığından, tüm karar birimleri için ölçeğe göre sabit getiriden söz etmek mümkündür. Bu durum bize bütün karar birimleri için girdilerde meydana gelecek değişimin çıktılarını aynı oranda etkileyeceğini göstermektedir.

5. SONUÇ

Kaynak dağılımlarının bölgesel düzeyde farklı miktarlarda gerçekleşiyor olması bölgeler arası gelişmişlik farklılıklarının temel sebeplerinden olarak gösterilebilir. Yapılan bu çalışma neticesinde bazı önemli bulgulara ulaşılmıştır. Bunlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

- Girdi odaklı CCR-VZA modelinin uygulanması neticesinde 23 üniversiteden 7 tanesinin etkinliği tam çıkmıştır. 16 tane üniversite ise tam etkinlik olan 1 değerini yakalayamamakla birlikte bazı üniversiteler yüksek etkinlik değerine ulaşmıştır.

- CCR-VZA modelinde tam etkinliğe ulaşamamış 16 üniversiteyi etkin hale getirebilmek için amacıyla referans seti oluşturmak için Dual CCR-VZA modeli oluşturulmuş ve bu modelde CCR-VZA modelinde yüksek etkinlik oranına sahip 6 üniversite daha tam etkinliği yakalamıştır. Tam etkinliği yakalayan üniversite sayısı 13 olmuştur, diğer tam etkin olmayan 10 üniversite için referans seti oluşturulmuş ve gerekli hesaplamalar yapılmıştır.

- Bazı üniversitelerin girdi değerlerindeki değişim oranı pozitif değerler almış ve atıl kapasitenin mevcut olduğu görülmüştür, bazılarında ise negatif oranlar görülmüş eksik girdi değerlerinin olduğu görülmüştür.

- Artan getiri, sabit getiri ve azalan getiri durumlarını incelemek için BCC-VZA modelleri oluşturulmuş ve neticesinde bütün birimler için $U_0=0$ değerine ulaşıldığından bütün üniversiteler için ölçeğe göre sabit getiriden bahsetmek mümkün olmuştur. Başka bir ifadeyle bütün üniversitelerin girdi miktarlarında oluşturacağı artış veya azalış eşit oranda çıktı değerinde karşılık bulacaktır.

- Sosyo-ekonomik gelişmişlik düzeyi sıralamasında alt sıralarda kalması beklenen Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan Üniversitelerin tam etkinliği yakaladığı, Marmara Bölgesinde yer alan üniversitelerin ise beklenen şekilde tam etkin olduğu görülmüştür. Karadeniz, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgesinde yer alan bazı üniversitelerin ise tam etkinliği yakalayamadığı çalışma neticesinde görülmüştür. Söz konusu çalışma neticesinde ortaya çıkan sonuçlardan hareketle sosyo-ekonomik açıdan geri kalmış bölgelerdeki üniversitelerin gelişmiş bölgelerdeki üniversitelerle aynı etkinlik değerini yakaladığı görülmüştür. Bölgeler arası gelişmişlik farklılıklarının kapatılmasına yönelik yapılan politikaların kısmen de olsa başarılı olduğunu, yönetsel mekanizmalarca yönetim işlevinin etkin bir şekilde gerçekleştirildiği söylenebilir. Ancak kaynakların etkin kullanımı kadar göz önünde bulundurulması gereken bir diğer husus da kaynakların göreceli olarak üniversiteler bazında dağılım yoğunluğunun olduğu unutulmamalıdır. Bu noktadan hareketle bazı üniversiteler arasında girdi miktarlarında önemli farklılıklar bulunmaktadır. Ülkemiz en gelişmiş bölgesi olan Marmara Üniversitesindeki üniversitelerin tam etkin olduğu, girdi ve çıktı miktarlarındaki yüksek değerler, bu bölgedeki faaliyetlerin daha etkili olacağını göstermiştir.

KAYNAKLAR

- Akyol, M. (2009, 06 11). Veri Zarflama Analizi ve Yükseköğretimde Bir Uygulama. *Doktora Tezi*. Ankara, Türkiye: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.



- Atan, M., Karpat, G., & Göksel, A. (2002). Ankara'daki Anadolu Liselerinin Toplam Etkinliğinin Veri Zarflama Analiz (VZA) ile Saptanması. Y. D. Üniversitesi (Dü.), *XI.Eğitim Bilimleri Kongresi* içinde (s. 1-10). Lefkoşe: Yakın Doğu Üniversitesi.
- Bakırcı, F. (2006). *Üretimde Etkinlik ve Verimlilik Ölçümü- Veri Zarflama Analizi-Teori ve Uygulama*. Ankara, Türkiye: Atlas Yayın Dağıtım Ltd.Şti.
- Bakırcı, F., & Babacan, A. (2010). İktisadi ve İdari Bilimler Fakültelerinde Ekonomik Etkinlik. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 24(2), 215-234.
- Bal, V. (2013). Vakıf Üniversitelerinde Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Belirlenmesi. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 1-20.
- Başkaya, Z., & Avcı, B. (2011). *Veri Zarflama Analizi*. Bursa, Türkiye: Dora Basım-Yayın Ltd. Şti.
- Baysal, M. E., & Toklu, B. (2001). Veri Zarflama Analizi ile Bazı Ortaöğretim Kurumlarının Performanslarının Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2), 203-220.
- Baysal, M., Alçılar, B., Çerçioğlu, H., & Toklu, B. (2005). Türkiye'deki Devlet Üniversitelerinin 2004 Yılı Performanslarının, Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Belirlenip Buna Göre 2005 Yılı Bütçe Tahsislerinin Yapılması. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 67-73.
- Doğan, Z. (2010). 1992 Yılında Kurulan Devlet Üniversitelerinin Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Araştırılması. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*. Bolu, Türkiye.
- Erpolat, S. (2011). *Veri Zarflama Analizi*. İstanbul, Türkiye: Evrim Yayınevi ve Bilgisayar San.Tic.Ltd.Şti.
- Göktoğa, Z. G., & Artut, A. (2011). Sivas İlinde Liselerin Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(2), 63-78.
- Kecek, G. (2010). *Veri Zarflama Analizi-Teori ve Uygulama ve Uygulama Örneği*. Ankara, Türkiye: Siyasal Kitabevi-Dağıtım.
- Kutlar, A., & Kartal, M. (2004). Cumhuriyet Üniversitesinin Verimlilik Analizi: Fakülteler Düzeyinde Veri Zarflama Yöntemi ile Bir Uygulama. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(2), 49-79.
- Oruç, K. O., Güngör, İ., & Demiral, M. F. (2009). Üniversitelerin Etkinlik Ölçümünde Bulanık Veri Zarflama Analizi Uygulaması. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(22), 279-294.
- Özden, Ü. H. (2008). Veri Zarflama Analizi (VZA) ile Türkiye'deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 37(2), 167-185.
- Sarıca, S. (2007, Mart). Üniversitelerin Performansa Göre Yönetimi İçin Veri Zarflama Analizi Tabanlı Bir Karar Destek Sisteminin Tasarımı ve Geliştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Eskişehir, Türkiye: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uzgören, E., & Şahin, G. (2013). Dumlupınar Üniversitesi Meslek Yüksek Okulları'nın Performanslarının Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Ölçümü. *Uluslararası Yönetim İşletme ve İktisat Dergisi*, 9(18), 91-110.
- Yalçın, S., & Tavşancıl, E. (2014). Türk Öğrencilerin PISA Başarı Düzeylerinin Veri Zarflama Analizi ile Yıllara Göre Karşılaştırılması. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri Dergisi*, 14(3), 947-968.
- Yavuz, İ. (2001). *Sağlık Sektöründe Etkinlik Ölçümü: Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama* (1 b.). Ankara, Türkiye: Milli Produktivite Merkezi Yayınları No : 654.
- Yolalan, R. (1993). *İşletmelerarası Göreli Etkinlik Ölçümü*. Ankara, Türkiye: Milli Produktivite Merkezi Yayınları No:483.



THE RELATION BETWEEN R&D EXPENDITURES, GROWTH AND EXPORT: COMPERATIVE ANALYSIS BETWEEN G8 AND TURKEY

Işın Çetin*, Merve Büşra Engin Öztürk**

* Ph.D. in Department of Econometrics, Uludag University, Bursa Turkey

** Asst.Prof.Dr., Ph.D. in Department of Foreign Trade, Istanbul University, Istanbul, Turkey

E-mail: isincetin@uludag.edu.tr*, mbusra@istanbul.edu.tr**

Copyright © 2017 Işın Çetin, Merve Büşra Engin Öztürk. This is an open access article distributed under the Eurasian Academy of Sciences License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

The abstract of this study was presented at International Conference on Global Competition and Innovation Management (ICGCIM), held on November 9-11 in Istanbul, Turkey.

ABSTRACT

Growth is one of the most important economic terms, which is frequently argued in macroeconomic theory and the economic world where the global competition exists. In the literature, the relationship between economic growth and export has been analyzed and the factors affecting growth have been searched in many studies. In this study, R&D expenditures, export and economic growth relationship was analyzed. 1996-2016 yearly data was used. Data was obtained from World Bank Official Web Site. Two different econometric methods were taken into account. First, logistic regression estimation was used for comparative analysis of G8 countries and Turkey. Then, using spatial econometric model estimations, the similarity/dissimilarities among G8 countries and Turkey were analyzed in terms of relation for R&D expenditures export and economic growth. According to the results of the spatial analysis, which is used in this study, there is a positive correlation between growth and export and, in Turkey the relationship between R&D expenditure and macroeconomic variables is not similar with G8. The parametric sizes in G8 are higher than in Turkey and the impact of R&D expenditures on macroeconomic variables is bigger in G8 countries.

Key Words: R&D, Export, Growth, G-8, Turkey.

JEL: C50, F49, F19, F15

ÖZET

Ekonomide en önemli kavramlardan biri olan büyüme olgusu, küresel rekabetin yaşandığı dünyada makroekonomide ve küresel rekabetin yaşandığı dünyada sıkça tartışılmaktadır. Ekonomik büyümeyle ihracat arasındaki ilişki iktisat literatüründeki pek çalışmanın inceleme konusu olmuş, büyümeyi etkileyen faktörler araştırılmıştır. Bu çalışmada, Ar-Ge harcamaları, ihracat ve büyüme ilişkisi G8 ülkeleri ve Türkiye için analiz edilmiştir. Çalışmada 1996-2016 dönemi yıllık verileri kullanılmıştır. Veriler World Bank resmi internet sitesinden elde edilmiştir. Ekonometrik metodoloji olarak iki farklı yöntem dikkate alınmıştır. İlk olarak, Türkiye ve G8 ülkeleri için karşılaştırmalı bir analiz, lojistik regresyon tahmini ile yapılmıştır. Ardından, mekânsal ekonometrik model tahminleri yardımıyla G8 ülkeleri ve Türkiye arasındaki benzerlik ve farklılıklar, Ar-Ge harcamaları, ihracat ve ekonomik büyüme açısından ele alınmıştır. Çalışmamızda kullanılan mekânsal analiz sonucunda büyüme ve dış ticaretin AR-GE üzerinde pozitif etkisinin olduğu ve G8 ülkeleri ile Türkiye'nin Ar-Ge harcamaları ile makro değişkenler arasındaki ilişkileri açısından benzer olmadığı tespit edilmiştir. Buna göre G8 ülkelerine ilişkin parametrik büyüklükler, Türkiye için elde edilen büyüklüklerden daha yüksektir ve Ar-Ge harcamalarının makro değişkenlere etkisi, G8 ülkelerinde daha fazladır.

Anahtar Kelimeler: Ar-Ge, İhracat, Büyüme, G-8, Türkiye



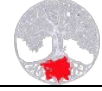
AR-GE HARCAMALARI, BÜYÜME VE İHRACAT İLİŞKİSİ: TÜRKİYE&G8 ÜLKELERİ ARASINDA KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ

1.GİRİŞ

Ekonomide en önemli kavramlardan biri olan büyüme olgusu, uluslararası sınırların ortadan kalktığı ve sürekli ekonomik döngülerin yaşandığı küresel rekabet ortamında makroekonomi tartışmalarının en üst sırasında yerini almaktadır. Ekonomik büyümeyle ihracat arasındaki ilişki iktisat literatüründeki pek çalışmanın inceleme konusu olmuş, büyümeyi etkileyen faktörler araştırılmıştır. Tarih boyunca önemli kabul edilen bilgi, ekonomik büyüme için oldukça önemlidir ve yeni ekonomik düzenin olmazsa olmaz bir kavramıdır. İngiliz düşünür Francis Bacon'un daha 17. yüzyılın başlarında dile getirdiği "Bilgi güç kaynağıdır" deyişi, bilimin insanlığın refah ve gelişmesi açısından ne kadar önemli olduğunu en yalın şekilde ortaya koymaktadır. Bu deyiş özellikle bilgi çağı olan günümüzde geçerlidir. Günümüz bilgi çağında uluslararası alanda rekabet edebilmenin en önemli koşulu, bilgiye yatırım yapmaktır. Bilgiye yatırım denilince ilk akla gelen kavram Ar-Ge'dir. Ar-Ge, bilgiye ve teknolojiye dayalı olarak yeni ürünlerin oluşturulması, geliştirilmesi ve yeni üretim tekniklerinin gerçekleştirilmesi olarak tanımlanabilir. Ar-Ge harcamaları günümüz ekonomi dünyasının itici gücü ve ulusal rekabet ortamında önemli desteklerinden biridir. Ar-Ge harcamaları fabrikaya, hizmete, iş dünyasına, ihracata milli gelire, eğitime, yönetime ve diplomasiye yansıyan çok yönlü bir temel kavramdır. Ayrıca dünyadaki gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkeler arasındaki farkı ortaya koyan önemli bir göstergedir. Dünyadaki Ar-Ge harcamaları ile ülkelerin gelişmişlik düzeyi arasında doğrudan bir ilişki vardır.

Ülke hükümetleri için sürdürülebilir bir ekonomik büyümenin sağlanması önemlidir. Sürdürülebilir büyümenin yani büyümenin yıllar itibari ile sağlanmasında yenilik itici bir güç olmuştur. Yenilik, bilim ve teknoloji politikaları için ne kadar önemli ise iktisat politikaları için de önemli bir hale gelmiştir. Yenilik firma ve ulusal araştırma ve geliştirme (AR-GE) faaliyetleri sonucunda ortaya çıkabileceği gibi teknoloji üreten gelişmiş ülkelerden de transfer edilebilir. Teknolojik yeniliklerde ortaya konan ürün, teknolojik olarak yeni bir ürün olabilir ya da var olan bir ürünün teknolojik olarak geliştirilmiş hali olabilir. Ekonomik büyümenin sağlanmasında teknolojik gelişmeler etkili bir rol oynamaktadır. Teknolojik gelişmeler firmalar tarafından yapılan AR-GE faaliyetleri sonucunda ortaya çıkmaktadır. Teknolojik yenilikler, bir firmanın rekabet gücünü artırıp pazar payının büyümesini sağladığı gibi karlılığının da artmasına katkıda bulunmaktadır. Teknolojik yenilik üretimde etkinlik sağlayarak kaynakların etkin kullanımı sağlayacaktır. Makro açıdan bakıldığında ise ekonomik büyümeyi hızlandırarak yaşam kalitesinin artmasında önemli bir faktördür (Korkmaz; 2010: 1).

Araştırmacılar ve bilim insanları tarafından yapılan Ar-Ge çalışmaları sonrasında bir fikir ortaya çıkmaktadır. Geliştirilen bu fikir ürüne dönüştürülmekte; mühendisler ile firmalar tarafından üretimi gerçekleştirilmektedir. Daha sonra pazarlama planı oluşturularak piyasada ürüne yönelik talebin oluşumu ve artırılması için girişimlere başlanmaktadır. Böylece Ar-Ge



ile ekonomik büyüme arasında doğrusal bir ilişki ortaya çıkmaktadır (Pessoa, 2010: 152). Bu sebeple ülkeler arasındaki ekonomik gelişmişlik düzeyi farklılıklarının ve gelir iraksamasının temel nedenlerinden birisi olarak teknoloji ve dolayısıyla Ar-Ge gösterilmektedir (Bilbao, Rodriguez, 2004: 434). Firma ve ülkelerin ileri teknoloji standardını yakalayarak yeni ve daha iyi ürün ya da süreçlere ulaşımı için gerekli olan Ar-Ge yatırımları neticesinde ekonomik büyüme ve yaşam standardı yükselecektir. Bu durumda ekonomik büyümeyi garanti altına almak için politikacıların Ar-Ge yatırımlarını teşvik etmesi ve kamunun Ar-Ge'ye ayrılan kaynaklarını artırması gerektiği ortaya çıkmaktadır (Bilbao, Rodriguez-Peso, 2004: 435).

2. AR-GE HARCAMALARI

Bilgi temelli ekonomi için Ar-Ge harcamaları, beşeri sermaye ve inovasyon temel belirleyicilerdir (Afzal, Siddiqui, 2011). Ar-Ge harcamaları, bir ülkenin veya firmanın teknoloji yeteneğini tanımlamakta yaygın olarak kullanılan değişkenlerden biridir. Ar-Ge harcamaları yeni ürün ve üretim yöntemi geliştirme, mevcut veya ithal edilen teknolojinin etkin kullanılması, uyarlanması veya değiştirilmesi süreçleri gibi teknolojik faaliyetlerin her aşamasında büyük önem taşır (Cohen and Levintal, 1989: 569).

1980'lerde başlayan, 1990'lı yıllarla birlikte yaygınlaşan küreselleşme olgusu, birçok alanda olduğu gibi Ar-Ge konusunda da ülkelerde yadsınamaz gelişmelere yol açmıştır. Genel olarak mal, hizmet ve faktör piyasalarının uluslararası entegrasyonu olarak tanımlanan küreselleşme, Ar-Ge'nin önemini arttırmıştır. Nitekim; teknoloji yeteneğini belirlemede veri olarak alınabilecek olan Ar-Ge harcamaları, hem ekonomideki büyüme performansını hem de bir ülkenin dış piyasalardaki rekabet gücünü belirlemede yaygın olarak kullanılmaktadır (Saygılı, 2003: 73).

Ar-Ge harcamaları ile ekonomik büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişkinin olduğu konuyla ilgili literatüre bakıldığında da görülebilir. Örneğin; Abramovitz, ABD ekonomisinde 1870-1950 yılları arasında üretim miktarının artışını etkileyen faktörler açısından bir araştırma yapmıştır. Bir birim emek ve bir birim sermaye artışının ekonomik büyümeye olan katkısını incelemiş ve bu katkının oranının % 15 kadar olduğu sonucuna varmıştır. Diğer birçok iktisatçı da 1950'lerin sonu ve 1960'larda bu konuda araştırma yapmışlar ve benzer sonuçlar elde ederek % 85'lik bir oranın emek ve sermaye dışındaki bir faktör tarafından etkilendiği konusunda hemfikir olmuşlardır. Daha sonra Nobel ekonomi ödülünü kazanmış olan Robert Solow farklı bir yöntem kullanarak ölçüm yapmış ve yine bunlara yakın sonuçlar elde etmiştir. İktisatçıların çoğu bu % 85'lik kısmın teknolojik yeniliklerden kaynaklandığını düşünmektedir.

Ar-Ge harcamalarının avantajları şunlardır.

- **Rekabet Avantajı:** Ülkelerin uluslararası alanda rekabet edebilirlik gücünü belirler.
- **Yabancı Sermayeyi Çekme:** Ülkeye doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının çekilmesini, yabancı firmaların da ülkede teknoloji odaklı yatırımlar yapmasını, sağlar.



- **Verimlilik Artışı:** Mikro ve makro düzeyde verimliliği artırarak, ekonomik kalkınmayı teşvik eder.
- **Teknolojik Bağımlılıktan Kurtulma:** Ar-Ge harcamaları ülkeleri teknolojik açıdan diğer ülkelere bağımlı olmaktan kurtarır.

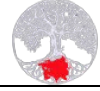
3.LİTERATÜR

Literatürde, AR-GE harcamalarına ilişkin çalışmalara rastlamak mümkündür. Ampirik çalışmalardan bazıları şu şekildedir:

- Yaylalı (2009) çalışmasında, 1990-2009 dönemi için Türkiye’de AR-GE harcamalarını incelemiştir. AR-GE harcamaları ile ekonomik büyüme ilişkisini ele almıştır. Zaman serisi analizi ile elde ettiği sonuçlarda, AR-GE yatırım harcamaları ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli ilişkisi tespit etmiştir.
- Kaya (2013) çalışmasında, AR-GE Harcamaları ile ihracat ilişkisini incelemiştir. Bunun için 1990-2011 dönemini ele almıştır. Elde ettiği sonuçlara göre, Türkiye’nin var olan istikrarlı büyüme rakamlarını çok az arttırarak aynı düzende arttırırsa konulan hedeflere ulaşmasının zor olduğunu ifade etmiştir.
- Sultansoy (2014) çalışmasında Gelişmiş Ülkeler ve Türkiye için AR-GE harcamalarını karşılaştırmıştır. Elde ettiği sonuçlara göre, bazı önerilerde bulunmuştur. En önemli önerisi ise Türkiye’nin etkin bir Bilim ve Teknoloji Stratejisi hazırlaması gerektiğidir.

Bu çalışmalara ilave olarak literatürdeki diğer çalışmalar şu şekildedir: Ulku 1981-97 dönemlerini alarak OECD ülkelerinden 20’si ve OECD üye olmayan ülkelere 10’u için panel data tekniğini kullanmıştır. Hem OECD ülkeleri hem de OECD ülkelerinden olmayan ülkelere yenilik ile kişi başına GSYİH arasında pozitif güçlü bir ilişki bulunmuştur. OECD ülkelerinde yenilikler ise AR-GE yatırımları tarafından desteklenmektedir (Ulku, 2004: 27). Samimi ve Alerasoul gelişmekte olan ülkelere 30’unu seçerek 2000-2006 dönemleri için panel veri yöntemini kullanmışlardır. Gelişmekte olan ülkelere AR-GE harcamalarının düşük olmasından dolayı bu değişkenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini anlamsız bulmuşlardır (Samimi ve Alerasoul, 2009: 3469). Wakelin (2001) 170 İngiltere firması için AR-GE harcamaları ile verimlilik arasındaki ilişkiyi incelemiştir. AR-GE harcamalarının verimlilik büyümesini etkilemede pozitif yönde ve anlamlı olduğu sonucuna varmıştır. Griffith vd. (2004) OECD ülkelerinden 12’si için panel yöntemini uygulamaları sonucunda AR-GE’nin hem teknolojinin gelişmesinde hem de yenilikte istatistiksel ve ekonomik olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Yu-ming vd. (2007) Çin ülkesi için AR-GE ve GSYİH arasındaki ilişkiyi eşbütünleşme ve nedensellik yöntemi ile araştırmışlardır. Sinama sonucunda AR-GE ve GSYİH arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi olduğu gibi, AR-GE’den GSYİH’ya doğru iki yönlü nedensel ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Sadraoui ve Zina (2009) 23 ülke için Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi ve panel veri sınamalarını uygulayarak AR-GE ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye bakmışlardır. Tüm ülkelere her iki değişken arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Literatürde AR-GE harcamalarına ilişkin çalışmaların hemen hemen hepsi zaman serisi veya panel veri analizi tekniklerini içermektedir. Bu çalışmada ampirik literatürdeki çalışmalardan



farklı olarak niteliksel tepki modelleri kullanılmıştır. Konuya ilişkin analizin özgünlüğü nedeniyle çalışmadan elde edilen sonuçların literatüre katkı yapacağı düşünülmektedir.

4. AMAÇ, VERİ, SETİ VE YÖNTEM

Çalışmanın amacı; AR-GE Harcamaları ile ekonomik büyüme GSYİH ve ihracat arasındaki ilişkinin G8 Ülkeleri ve Türkiye özelinde incelenmesidir. Bu amaçla Çalışmada 1996-2016 yıllık verileri kullanılmıştır. Türkiye ve G8 Ülkeleri'nde AR-GE Harcamaları ile ihracat, GSYİH ve ekonomik büyüme ilişkisi analiz edilmiştir. Bu amaçla Panel Tobit ve Mekânsal Tobit regresyon modellerinden yararlanılmıştır. Elde edilen bulgular, Stata ve R-INLA paket programlar aracılığı ile elde edilmiştir.

4.1. SINIRLI BAĞIMLI DEĞİŞKENLİ MODELLER VE MEKANSAL ETKİLEŞİM

İki veya daha fazla değer alan kukla değişkenler bağımlı değişkenler olarak regresyon modelinde yer alabilirler. Bu tür modellerde bağımlı değişken evet-hayır gibi iki değer alır ve iki karardan biri verilir. Dolayısıyla verilen kararın nedenini açıklamak için bağımlı değişken iki durumlu olan ikili seçim modelleri kullanılır.

Ekonometrik modelleme süreçlerinde, bağımlı değişkenin kategorik veya ikili değer aldığı durumlarda, lojistik regresyon analizine başvurulur. Özellikle bağımlı değişkenin iki kategorili yapıya sahip olduğu durumlarda, lojistik regresyon analizi tercih edilmektedir.

Lojistik regresyon analizinde, bağımlı değişken ikili yapıda olduğu için, klasik regresyon modellerinde dikkate alınan ve kalıntıların minimizasyonundan hareketle elde edilen uyumun iyiliği ölçütü, modelin değerlendirilmesi için uygun değildir. Bunun yerine lojistik regresyon analizlerinde olasılık teorisi dikkate alınarak iki değer hesaplanmaktadır: ele alınan gruba dâhil olan olay/bireylere 1 değeri, diğerlerine 0 değeri atanır. Lojistik regresyon modelleri, maksimum olabilirlik yöntemi dikkate alınarak tahmin edilir.

Lojistik regresyon modellerinin genel varsayımları şu şekildedir:

- Lojistik regresyon modellerinde, bağımlı değişken ve bağımsız değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olduğu varsayımı yoktur.
- Bağımlı değişken iki kategorili (dichotomy) yapıda bir değişkendir.
- Bağımsız değişkenlerin; normal dağılması, doğrusal ilişki içinde olması eşit varyansla dağılmaları gerekmez.
- Lojistik regresyonda, ele alınan her durum/kişi, sadece bir kategori ile tanımlanır ve her durum/kişi, bir kategoride tanımlanmak zorundadır.
- Doğrusal regresyon modellerinden farklı olarak lojistik regresyon modellerinde, daha büyük örneklemelere ihtiyaç vardır, çünkü maksimum olabilirlik yöntemi ile elde edilen parametreler, büyük örneklem için daha etkin sonuçlar vermektedir.

Lojistik regresyon modellerinde, her bir açıklayıcı değişkene ait parametre tahmin edilebilmekle beraber, tahmin sonucunda bağımlı değişken sadece 0 ve 1 değerlerini alabilmektedir. Bu nedenle, klasik doğrusal regresyon modellerinden farklı olarak lojistik



regresyon modellerinde, bağımlı değişkene ait sayısal değerler elde etmek yerine, model 0 ve 1 değerlerinin tanımlandığı durumlarının gerçekleşme olasılığı hesaplanır.

Lojistik regresyon modellerinde, klasik regresyon modellerinde olduğu gibi bağımlı değişken Y'nin tahmin değeri hesaplanmaz. Y için tanımlanan durumların gerçekleşme olasılıkları hesaplanır. Lojistik regresyonda, gerçekleşme olasılıklarının hesaplanabilmesi için logaritmik dönüşüme ihtiyaç vardır.

Lojistik regresyon analizi, literatürde yaygın bir kullanıma sahiptir. Olası iki durumu dikkate alan lojistik modeller, literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. İki durumlu değişkenler, lojistik regresyon modellerinde (0,1) değerlerini alarak tanımlanır¹. Lojistik regresyon analizi, bağımlı değişkenin ikili yapıda olduğu durumlarda kullanılan regresyon analizidir. Çünkü diğer modelleme yaklaşımlarının aksine, lojistik regresyon modelinde kategorik ve sayısal bağımsız değişkenlerin varlığı durumunda daha az varsayıma ihtiyaç duyulmaktadır.

$\Pr(Y = 1|X = x) = p(x; \theta)$, olduğu varsayımı altında p'nin değeri, bazı fonksiyonlar için θ tarafından belirlenir. Bu durumda olasılık fonksiyonu şu şekilde verilebilir:

$$\prod_{i=1}^n \Pr(Y = y_i | X = x_i) = \prod_{i=1}^n p(x_i; \theta)^{y_i} (1 - p(x_i; \theta))^{1-y_i} \quad (4.1)$$

Bernoulli deneyi dikkate alındığında, olasılık fonksiyonu;

$$\prod_{i=1}^n p^{y_i} (1 - p)^{1-y_i} \quad (4.2)$$

şeklinde de tanımlanabilir. Tanımlanan bu olasılık fonksiyonu lojistik regresyon denkleminde yer alan ikili yapıdaki Y bağımlı değişken için, Denklem 6'daki gibi yeniden yazılabilir:

$$L(\beta_0, \beta) = \prod_{i=1}^n p(x_i)^{y_i} (1 - p(x_i))^{1-y_i} \quad (4.3)$$

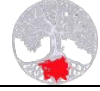
Lojistik regresyon modelin doğrusal formda tanımı şu şekilde verilebilir:

$$\log\left(\frac{\pi_i}{1 - \pi_i}\right) = \sum_{k=0}^K x_{ik} \beta_k \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (4.4)$$

Lojistik regresyon denklem tahmininin amacı, K+1 sayıda bilinmeyen β parametrelerinin tahminlerini elde etmektir. Bu tahminler Maksimum Olabilirlik Tahmin yöntemi ile elde edilebilmektedir. Bu yöntemde maksimum olasılık denklemi, bağımlı değişkenin olasılık dağılımından elde edilmektedir. Bu durumda Y bağımlı değişkeninin yoğunluk fonksiyonu;

$$f(y|\beta) = \prod_{i=1}^N \frac{n_i!}{y_i! (n_i - y_i)!} \pi_i^{y_i} (1 - \pi_i)^{n_i - y_i} \quad (4.5)$$

¹ Powers, Daniel & Xie, Yu (2000). Statistical Methods for Categorical Data Analysis, Academic Press, p. 28, ABD.



şeklindedir. Verilen bu yoğunluk fonksiyonu, sabit β parametreleri için y 'nin fonksiyonunu tanımlamaktadır. Böyle bir ilişkide, olabirlik fonksiyonu da, olasılık yoğunluk fonksiyonu ile aynı formdadır. Fakat fonksiyonun parametreleri açısından zıtlık vardır. Olasılık fonksiyonu, β parametrelerinin, sabit y değerleri olması koşulunda bilineceğini varsayar. Bu fonksiyon;

$$L(\beta|y) = \prod_{i=1}^N \frac{n_i!}{y_i!(n_i - y_i)!} \pi_i^{y_i} (1 - \pi_i)^{n_i - y_i} \quad (4.6)$$

şeklindedir. Maksimum olabirlik tahminleri olan β değerleri, verilen olabirlik fonksiyonunu maksimize etmeyi amaçlar. Fonksiyonun kritik noktaları olan minimum ve maksimum değerleri, birinci türevin sıfıra eşit olduğu durumda elde edilir. Eğer fonksiyonda ikinci türev sıfırdan küçükse bu nokta maksimum noktadır. Kısaca, maksimum olabirlik tahminlerini elde edebilmek için birinci ve ikinci türevlerin alınması gerekmektedir. Fakat verilen fonksiyonda birinci ve ikinci türevleri almak güçtür. Bu nedenle fonksiyonun sadeleştirilmesi gerekmektedir. Sadeleştirilmiş fonksiyon şu şekilde verilebilir:

$$\prod_{i=1}^N (e^{y_i \sum_{k=0}^K x_{ik} \beta_k}) (1 + e^{\sum_{k=0}^K x_{ik} \beta_k})^{-n_i}$$

Verilen bu fonksiyon Kernel Olabirlik Fonksiyonudur. Fakat bu fonksiyonun logaritmasını almak güçtür. Doğal logaritması alınmış fonksiyon da;

$$l(\beta) = \sum_{i=1}^N \left(\sum_{k=0}^K x_{ik} \beta_k \right) - n_i \cdot \log \left(1 + e^{\sum_{k=0}^K x_{ik} \beta_k} \right)$$

Olabilirlik fonksiyonunun kritik noktalarını bulmak için β 'ya göre birinci türevin alınıp sıfıra eşitlenmesi gerekir. İşlem gerçekleştirildiğinde;

$$\frac{\partial}{\partial \beta_k} \sum_{k=0}^K x_{ik} \beta_k = x_{ik}$$

sonucu elde edilir. İkinci türev alma işlemi gerçekleştirildiğinde;

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 l(\beta)}{\partial \beta_k \partial \beta_{k'}} &= \frac{\partial}{\partial \beta_{k'}} \sum_{i=1}^N y_i x_{ik} - n_i x_{ik} \pi_i \\ &= \frac{\partial}{\partial \beta_{k'}} \sum_{i=1}^N -n_i x_{ik} \pi_i \\ &= - \sum_{i=1}^N n_i x_{ik} \frac{\partial}{\partial \beta_{k'}} \left(\frac{e^{\sum_{k=0}^K x_{ik} \beta_k}}{1 + e^{\sum_{k=0}^K x_{ik} \beta_k}} \right) \end{aligned}$$

elde edilir.

Lojistik regresyon denklem tahmininin elde edilmesinde, her bir örneklem için olasılık yoğunluk fonksiyonu şu şekilde verilebilir:

$$f(y|\beta) = \prod_{i=1}^N \left[\frac{n_i!}{\prod_{j=1}^J y_{ij}!} * \prod_{j=1}^J \pi_{ij}^{y_{ij}} \right]$$



Verilen bu olasılık yoğunluk fonksiyonu maksimize edilmek istendiğinde, faktöriyel terimler π_{ij} içermez ve sabit olduğu kabul edilir.

Lojistik regresyon modellerinde parametreler maksimum olabilirlik yöntemi kullanılarak elde edilir. Yukarıda verilen çözümlene işlemi dikkate alındığında lojistik regresyon modeli,

$$\log \frac{p(x)}{1 - p(x)} = \beta_0 + x * \beta$$

elde edilir. p için denklem çözümlendiğinde;

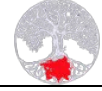
$$p(x; b, w) = \frac{e^{\beta_0 + x\beta}}{1 + e^{\beta_0 + x\beta}} = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + x\beta)}}$$

Çalışmada lojistik regresyon modelinin yanında, ekonometride sıklıkla kullanılan sınırlı bağımlı değişkenli modellerden sansürlü regresyon modeli kullanılmıştır. Bu modellerde, problemin amacına bağlı olarak, kurulan ekonometrik modelde bağımlı değişken verilerine sansürleme işlemi uygulanır. James Tobin (1979) tarafından geliştirilen bu modeller, yatay kesit verilerine uygulanabildiği gibi, zaman serisi ve panel veriler için de uygulanabilir.

Doğrusal regresyon modellerinde, değişkenlere ait örneklem verilerinin tamamı bilinmektedir. Fakat bazı durumlarda, örneklem sınırlandırılabilir. Bu durumda örneklem verilerine ilişkin “sansürleme” durumu söz konusu olur. Sansürleme durumu söz konusu olduğunda, modeldeki bağımsız değişkenlere ait tüm veriler elde edilebilirken, bağımlı değişkene ait sınırlı veri yapısı mevcuttur. Örneğin, bağımlı değişkenin değerinin 100’den az olduğu bilinir, ancak ne kadar az olduğu verisi bilinmez. Bu tip veri yapılarının kullanıldığı ampirik çalışmaların çoğunda, bağımlı değişkenin değerlerinin sınırlandırıldığı/sansürlendiği uygulamalara rastlamak mümkündür. Eğer yapılan bir regresyon tahmininde bağımlı değişkenin tüm gözlem değeri tam elde edilemiyor veya bağımlı değişkenin tüm değerleri gözlenebiliyor fakat belli bir aralıkta tanımlanıyor ise farklı bir tahmin yöntemi kullanmak gerekmektedir. Bu noktada, sansürlenmiş (Tobit) regresyon modeli kullanılabilir.

Mekânsal ekonometrinin çeşitli alanlarda kullanımı özellikle son yıllarda yoğun bir artış göstermektedir. “Mekân” ya da “konum” kavramının neden modelleme sürecine dahil edilmesi gerektiğini ise Tobler (1970)’in şu ifadesi açıklamaktadır: Buna göre; uzaydaki her şeyin birbirini etkilemekte, ancak bu etki uzaklığa bağlı olarak azalmaktadır.

Mekânsal ekonometri üzerine Anselin (1988)’in çalışmasından bu yana yoğun bir biçimde ilerleme kaydedilse de, özellikle bu alanda çalışmaya başlayanlara rehber niteliğinde bir kitap kolay bulunmamaktadır. LeSage ve Pace (2009)’un Mekânsal Ekonometri’ye Giriş (Introduction to Spatial Econometrics) adlı kitabı ise bu boşluğu doldurması bakımından önemlidir. Ayrıca, kitabın internet sitesinden yazarların modellere ilişkin kendi geliştirdikleri MATLAB kodlarını da indirmek ve kullanmak mümkündür. Böylelikle yazarlar, hem teori hem de ampirik uygulama bakımından araştırmacılara yol göstericilik yapmaktadırlar.



Sınırlı bağımlı değişken tanımı, bağımlı değişken üzerinde bir kısıtın var olduğu durumlar için kullanılır. Sürekli değişken esasına dayandırılan bağımlı değişkenli durumlar olarak sınırlı bağımlı değişkenler (limited dependent variables) vardır.

Kukla ve endojen yapıdaki regresör değişkenlerle tanımlanan ekonometrik modellerde nedensellik ilişkisi, ikili yapıdaki (kukla) regresör değişkenler ile sonuç (bağımlı) değişken arasında kurulur. Böyle modellere örnek olarak eğitim sistemi verilebilir.

Sınırlı bağımlı değişkenli regresyon modellerinde sınırlı bağımlı değişken Y , gözlem değerlerinin belirli bir aralıkta sınırlandırıldığı bir değişken olarak tanımlanır. Burada ikili yapıda tanımlanan değişken eğitim görüp görmeme durumudur. Bir kişinin eğitim görüp görmemesinin sonuçları, kişinin kazancı ve çalıştığı pozisyonda görülebilmektedir. Böyle bir ilişkide, kişinin eğitim görüp görmeme durumu ikili yapıda tanımlanmış bir kukla değişkendir ve ekonometrik modelleme süreçlerinde kukla yapıda bağımlı değişkenli modellerin, klasik tahmin tekniği olan Olağan En Küçük Kareler Tahmin Tekniği ile tahmin edilmesi mümkün değildir. Çünkü böyle modellerin bağımlı değişkenleri, araştırılan konu kapsamında sınırlandırılarak tanımlanmıştır ve sınırlı bağımlı değişkenli modeller çerçevesinde ele alınmalıdır.

Değişkene ait verilerin tamamının gözlenemediği durumlarda kesikli (truncation) ya da sansürlü (censored) veri yapıları söz konusu olur. Çünkü uygulamalı çalışmalarda, özellikle veri derleme süreçlerinde en önemli sorun, verilerin gözlenebilir olup olmamasıdır. Herhangi bir araştırma probleminde ilgili değişkenlere ait verilerin, ölçme hatalarına sahip olma, kayıp veri içermesi gibi sorunlar içerip içermediği araştırılmalıdır. Bu ve benzeri durumlarda, sansürlü ve kesikli veri yapıları kullanılmaktadır. Ampirik çalışmalarda, eğer, sansürlü veri yapısı, kullanılması gerektiği halde kullanılmıyorsa, ciddi ekonometrik problemler ortaya çıkabilir.

4.2.BULGULAR

Çalışmada, Türkiye ve G8 ülkelerine ilişkin AR-GE Harcamaları, sınırlı bağımlı değişkenli model tahminleri yapılarak değerlendirilmiştir. Ampirik literatürde, sınırlı bağımlı değişkenli ekonometrik analizlere sıklıkla rastlamak mümkündür. Ancak, AR-GE harcamalarına yönelik literatürde, bu uygulama alanına sahip bir çalışma olmadığından, çalışmadan elde edilen bulguların literature katkı yapacağı düşünülmektedir.

Öncelikle, AR-GE Harcamaları, GSYİH, ihracat ve ekonomik büyüme ilişkisi lojistik regresyon ile tahmin edilmiştir. Türkiye ve G8 ülkeleri için ayrı ayrı tahminler, sansürlü regresyon modelleri ile elde edilmiştir. Sürece en uygun model tahmin sonuçları, 8. İterasyonda elde edilmiştir:

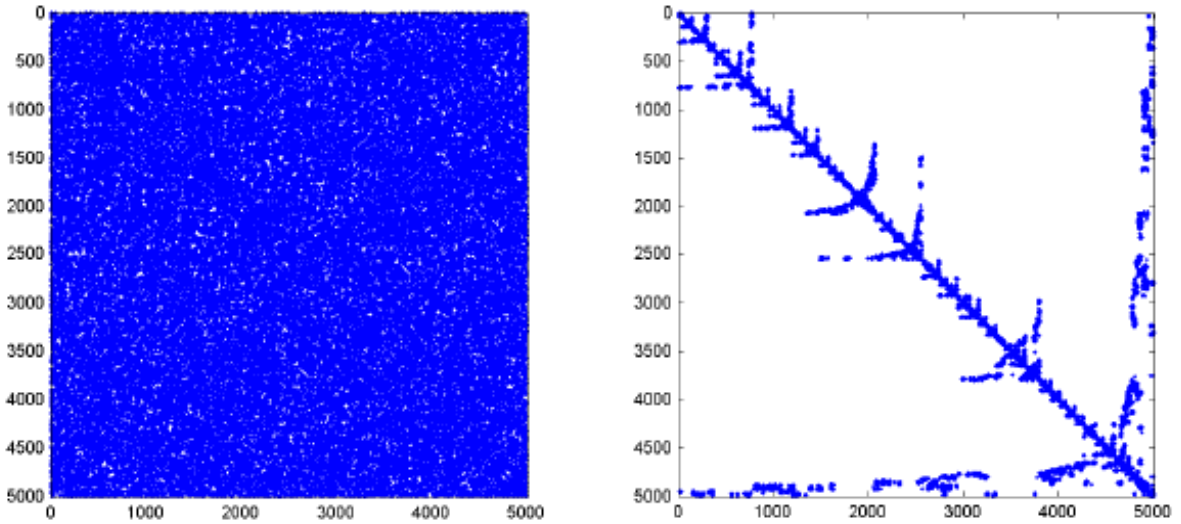


Tablo 1: Model Tahminleri için Açıklama Gücü (TR ve G8 için)

Adım	Pseudo R-Kare	Serbestlik Derecesi	Sig
8	87,189	8	0,016
Adım	Pseudo R-Kare	Serbestlik Derecesi	Sig
8	87,189	8	0,016

Elde edilen R-kare değerleri, %5 hatta %1 anlamlılık düzeyinde dahi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Başka bir ifadeyle, AR-GE harcamalarında değişimin yaklaşık %87'si; ekonomik büyüme, GSYİH ve ihracatta meydana gelen değişimlerin etkisi ile açıklanabilmektedir.

Model tahminlerinin elde edilmesinin ardından, heteroskedastisite probleminin (dağılan varyans) olduğu tespit edilmiştir. Bu varsayım ihlalini, giderilebilmesi için, Monte-Carlo simülasyonu uygulanmıştır. Simülasyon, R-INLA programına ilgili kodların tanımlanması ile gerçekleştirilmiştir. Simülasyonun ardından tahmin değerlerinin dağılımı aşağıdaki gibi elde edilmiştir:



Yukarıda verilen her iki şekil de tahmin değerlerinin dağılımına aittir. İlk şekilde, tahmin değerlerinin herhangi belirgin bir dağılım özelliği göstermediği net bir şekilde görülebilmektedir. Heteroskedastisite problemine çözüm olarak simülasyon çalışmasının akabinde tahmin değerlerinin bir doğru etrafında saçılım gösterdiği görülebilmektedir.

Tahmin sonuçlarının elde edilmesinin ardından, heteroskedastisite probleminin olduğu tespit edilmiştir. Özellikle sınırlı bağımlı değişkenli modellerde, heteroskedastisite probleminin varlığı, parametre tahminlerinin yanlı ve tutarsız olmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle problemin giderilmesi gerekmektedir. Heteroskedastisite probleminin giderilmesine yönelik ekonometride pek çok yöntem mevcuttur. Çalışmada, problemin giderilmesi için alternatif tahmin yöntemleri kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo 2'de verildiği gibidir:



Tablo 2: Heteroskedastisite Probleminin Giderilmesi

25% sansürlem e oranı $y = a + b \cdot X$ Eğim: $b = 1$	Normal			Karma-Normal			ST		
	Yanlışlık	Std. Hata	RMSE	Yanlışlık	Std. Hata	RMSE	Yanlışlık	Std. Hata	RMSE
OLS	-0.231	0.105	0.260	-0.207	0.105	0.230	-0.215	0.070	0.230
SCLS	0.030	0.205	0.220	0.019	0.120	0.107	0.107	0.145	0.185
CLAD	0.044	0.202	0.198	0.015	0.085	0.090	0.020	0.145	0.140
Tobit	-0.005	0.145	0.130	0.190	0.180	0.235	0.055	0.085	0.155
GED-hom	-0.007	0.145	0.147	-0.022	0.090	0.089	0.021	0.102	0.101
SGED-hom	-0.007	0.147	0.125	-0.007	0.085	0.089	0.008	0.089	0.090
IHS-hom	-0.014	0.138	0.130	-0.005	0.065	0.065	0.005	0.083	0.080
Tobit-het	0.004	0.145	0.130	0.190	0.130	0.230	0.090	0.097	0.130
GED-het	0.007	0.146	0.132	-0.007	0.090	0.085	0.058	0.107	0.124
SGED-het	0.010	0.148	0.140	-0.011	0.089	0.090	0.012	0.094	0.089
IHS-het	-0.019	0.148	0.133	0.003	0.060	0.040	-0.004	0.077	0.080
25% sansürlem e oranı $y = a + b \cdot X$ Eğim: $b = 1$	Normal			Karma-Normal			ST		
	Yanlışlık	Std. Hata	RMSE	Yanlışlık	Std. Hata	RMSE	Yanlışlık	Std. Hata	RMSE
OLS	0.164	0.230	0.240	0.020	0.220	0.214	-0.065	0.145	0.165
SCLS	0.006	0.301	0.201	0.025	0.230	0.250	-0.050	0.247	0.280
CLAD	-0.010	0.310	0.302	0.020	0.170	0.190	-0.130	0.250	0.230
Tobit	0.270	0.322	0.445	0.440	0.280	0.525	0.225	0.245	0.300
GED-hom	0.060	0.301	0.310	-0.010	0.170	0.174	-0.105	0.230	0.214
SGED-hom	0.205	0.408	0.510	-0.015	0.180	0.160	-0.182	0.260	0.301
IHS-hom	0.105	0.322	0.305	0.025	0.140	0.140	-0.150	0.240	0.270
Tobit-het	-0.003	0.265	0.240	0.230	0.202	0.320	0.017	0.180	0.140
GED-het	0.005	0.258	0.230	-0.014	0.140	0.140	-0.070	0.160	0.180
SGED-het	0.001	0.277	0.240	-0.026	0.162	0.160	-0.005	0.121	0.140
IHS-het	-0.001	0.240	0.210	0.004	0.130	0.100	-0.007	0.140	0.120
25% sansürlem e oranı $y = a + b \cdot X$ Eğim: $b = 1$	Normal			Karma-Normal			ST		
	Yanlışlık	Std. Hata	RMSE	Yanlışlık	Std. Hata	RMSE	Yanlışlık	Std. Hata	RMSE
OLS	0.060	0.301	0.310	-0.014	0.170	0.174	-0.105	0.230	0.214
SCLS	0.040	0.200	0.200	0.014	0.100	0.102	0.140	0.130	0.170
CLAD	0.020	0.180	0.200	0.000	0.085	0.080	0.010	0.140	0.140
Tobit	-0.000	0.120	0.128	0.177	0.140	0.210	0.035	0.090	0.110
GED-hom	-0.000	0.125	0.102	-0.001	0.080	0.080	0.010	0.082	0.080
SGED-hom	-0.000	0.128	0.125	-0.002	0.085	0.080	0.004	0.074	0.080
IHS-hom	-0.004	0.130	0.120	-0.001	0.061	0.050	0.002	0.070	0.070
Tobit-het	0.001	0.132	0.130	0.180	0.120	0.210	0.088	0.090	0.120
GED-het	0.003	0.140	0.130	-0.002	0.070	0.080	0.041	0.090	0.100
SGED-het	0.005	0.142	0.125	-0.000	0.080	0.080	0.007	0.080	0.080
IHS-het	-0.008	0.138	0.120	0.000	0.060	0.060	-0.002	0.070	0.080

Tablo 2'deki sonuçlarda, Monte-Carlo Simülasyonu ile heteroskedastisite probleminin giderilmesi hedeflenmiştir. Simülasyon sürecinde verilere %25 oranında sansürleme işlemi uygulanmıştır. Heteroskedastik hataların varlığında elde edilen parametre tahminlerinin, istatistiksel olarak olması gerektiğinden daha yüksek düzeyde anlamlıymış gibi görüldükleri söylenebilir.

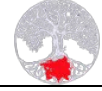


Faktörler	Flacker (2010) Mekânsal Homojenlik Katsayısı	Sonuç
Türkiye için OLS HECKIT Mekânsal HECKIT	0.018 (9.245)	Flacker tarafından geliştirilen homojenlik katsayı sonuçlarına göre, Türkiye ve G8 ülkeleri, AR-GE Harcamaları ile ihracat, ekonomik büyüme ve GSYİH ilişkisi açısından farklılık göstermektedir.
G8 Ülkeleri için OLS HECKIT Mekânsal HECKIT	0.036 (11.415)	

TÜRKİYE İÇİN	(a)		(b)	
	Mekânsal Olmayan TOBIT		Mekânsal TOBIT	
	Tahmin	Standart Hata	Tahmin	Standart Hata
Kesme Terimi	17.9105	3.7456*	18.1122	6.9914*
GSYİH	0.0520	0.0188*	0.0505	0.0240**
Büyüme	1.7452	0.3396*	-1.7624	0.5365*
İhracat	0.0340	0.04500*	0.0345	0.0101*
ρ			0.6240	0.0462*
N	1.904		1.888	
Doğru Tahmin Etme Başarı Yüzdesi	%97.90		%98.84	
Hatalı Tahmin Etme Yüzdesi	%89.48		%81.66	
Toplam	%96.21		%95.41	

G8 İÇİN	(a)		(b)	
	Mekânsal Olmayan TOBIT		Mekânsal TOBIT	
	Tahmin	Standart Hata	Tahmin	Standart Hata
Kesme Terimi	18.9189	5.4789*	19.4785	5.4156*
GSYİH	0.6202	0.0188*	0.0555	0.0285**
Büyüme	2.7802	0.3396*	2.1458	0.54210*
İhracat	0.0560	0.04633*	0.0452	0.0202*
ρ			0.6240	0.0462*
N	1.904		1.888	
Doğru Tahmin Etme Başarı Yüzdesi	%97.22		%98.91	
Hatalı Tahmin Etme Yüzdesi	%88.45		%82.20	
Toplam	%96.25		%96.48	

Mekânsal etkileşimin dikkate alındığı ve alınmadığı durumlar için elde edilen tahmin sonuçlarına göre, her iki tahminden elde edilen sonuçların istatistiksel olarak %5 anlamlılık seviyesinde anlamlı oldukları söylenebilir. Yani bir başka ifadeyle, G8 ülkeleri ve Türkiye için



AR-GE Harcamalarının ayrı ayrı tahmin edilmesi doğru bir yaklaşımdır. Çünkü beklenildiği gibi, G8 ülkeleri harcamalar yönünden homojen bir yapı göstermekte, Türkiye ise farklı bir yapı göstermektedir.

SONUÇ

Çalışmanın amacı, AR-GE Harcamaları, ihracat, GSYİH ve Ekonomik büyüme ilişkisinin G8 ülkeleri ve Türkiye özelinde analiz edilmesidir. Bu amaçla, mekânsal ekonometrik tekniklerden yararlanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, Türkiye ve G8 ülkeleri AR-GE Harcamaları açısından farklıdır. Büyüme ve dış ticaretin AR-GE üzerinde pozitif etkisi mevcuttur. G8 ülkeleri ile Türkiye'nin AR-GE harcamaları ile makro değişkenler arasındaki ilişkileri açısından, benzer olmadığı, mekânsal analiz sonuçlarından da beklenildiği gibi çıkmıştır. G8 ülkelerine ilişkin parametrik büyüklükler, Türkiye için elde edilen büyüklüklerden daha yüksektir. AR-GE harcamalarının makro değişkenlere etkisi, G8 ülkelerinde daha fazladır.

Dünya genelinde yaşanan küreselleşme süreci, ticari ilişkilerin her geçen gün daha çok derinleşmesine neden olmaktadır. Bu sürece dışa açık kalkınma stratejilerinin yapmış olduğu katkılar, ülkelerin rekabet gücünü de yükseltmiştir. Herhangi bir girişimcinin üretim sürecinde yenilik yapması, bu girişimcinin diğer girişimcilere kıyasla daha fazla kar elde etme olanağı yaratır. Dolayısıyla girişimciler karlarını yükseltmek için yenilik peşinde koşarlar. Yeniliği ise günümüzde Ar&Ge faaliyetleri ortaya çıkarmaktadır. Aynı zamanda, devletlerin de kalkınmayı yenilik ile sağlayabileceklerini düşünmeleri, devletlerin de Ar&Ge faaliyetlerine katkı sunmalarını sağlamaktadır.

Türkiye'nin gelişmiş ülkelere yakınsaması için göstermesi gereken büyüme performansını artırması ve bu performansı sürdürülebilir kılması için kısa dönemli çözümlerden çok uzun dönemli AR-GE yatırımlarını hayata geçirmesi gerekmektedir. Bunun için Türkiye'de uzun dönemli planlamalar ve etkin teknoloji ve yenilik politikaları üretilmeli ve bu politikalar ve planlamalarda üniversiteler etkin şekilde rol almalıdır. Sadece devletin değil özel sektöründe uzun dönemde AR-GE yatırımlarına, küreleşen ve büyüyen dünya pazarlarında ayakta kalmaları ve büyümeleri için, önem vermeleri gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Afzal, M.N.I. And Siddiquei, S.A., (2011). Determinants Of Sustainable Economic Growth In Knowledge-Based Economies (KBE): An Investigation On Bangladesh, Indonesia, Malaysia And Turkey. In: 9 Th International Conference On Knowledge, Economy & Management Proceedings, 23-25 June 2011 Sarajevo-Bosnia &Herzegovina, 507-517.
- Bilbao-Osorio, B. ve Rodriguez-Peso, A. (2004), "From R&D to Innovation and Economic Growth in the EU", Growth and Change, 35 (4), 434-455.
- Cohen, W.M. & Levinthal, D.A. (1989). "Innovation and Learning: RThe Two Faces of R & D" The Economic Journal, Vol. 99, No. 397, pp. 569-596.
- Griffith, R., Redding, S. ve Reenen, J. V. (2004). Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries, The Review of Economics and Statistics, 86 (4), 883-895.
- Kaya, K. (2013). *AR-GE Construction Partnership in Germany: Legal Issues in Cooperation of Different Engineering Firms*, ISBN: 978-3-95489-526-7.



- Korkmaz, S. (2010). “Türkiye’de AR-GE Yatırımları ve E konomik Büyüme ASrasındaki ilişkinin VAR Modelleri ile Analizi”, Journal of Yasar University, 20(5), ss. 3320-3330.
- Pessoa, A. (2010), “R&D and Economic Growth:How Strong is the Link?”, Economics Letters, 107, 152-154.
- Sadraoui, T. ve Zina, N. B. (2009). A Dynamic Panel Data Analysis for R&D Cooperation and Economic Growth, International Journal of Foresight and Innovation Policy, 5 (4), 218-233.
- Samimi, A. J. ve Alerasoul, S. M. (2009). R&D and Economic Growth: New Evidence from Some Developing Countries, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3 (4), 3464-3469.
- Ulku, H. (2004). “R&D, Innovation and Economic Growth: An Empirical Analysis, IMF Working Paper, 185.
- Wakelin, K. (2001). Productivity Growth and R&D Expenditure in UK Manufacturing Firms, Research Policy, 30 (7), 1079-1090.
- Yaylalı, M., Akan, Y. ve Işık, C. (2009). “Türkiye’de AR-GE Yatırım Harcamaları ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Eş-Bütünleşme ve Nedensellik İlişkisi”, Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi, 5(2), ss. 13-26.
- Yu-ming W., Li Z. ve Jian-xia L. (2007). Co-integration and Causality between R&D Expenditure and Economic Growth in China: 1953-2004, International Conference on Public Administration, <http://web.cenet.org.cn/upfile/113225.pdf>, (Erişim Tarihi: 04.05.2010).