

# BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YÖNTEMİ İLE OPTİMAL PLANLAMA: GIDA VE TARIM ÜRÜNLERİ ATIKLARINDAN GERİ DÖNÜŞÜM YAPAN BİR İŞLETMEDE UYGULAMA\*

Banu BOLAYIR<sup>1</sup>, Ahmet ERGÜLEN<sup>2</sup>

## ÖZ

Nüfusun artışı ile birlikte her geçen gün artan atık miktarı tüm dünyada sorun haline gelmektedir. Her neslin eşit şartlarda daha iyi yaşam sürdürebilecekleri bir dünya için hem atık miktarını azaltabilecek hem de atıklardan enerji, hammadde gibi ülke ekonomisine katkı sağlayabilecek şekilde faydalanma yollarından biri geri dönüşümdür. Geri dönüşüm, aynı zamanda şimdiki nesil ile gelecek neslin yaşama hakkını adaletli bir şekilde koruyan sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamaktadır. Geri dönüşüm, rekabet ortamında karlılıklarını ve devamlılıklarını sağlamak isteyen işletmeler için yeni bir iş sahasıdır. Diğer yandan işletmeler maliyetlerini en aza indirmek isterler. Bulanık doğrusal programlama ile işletme maliyetleri minimize edilebilmektedir. 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 dikkat çekerek geri dönüşüme yeni bir bakış açısı getirmesi, sürdürülebilir kalkınmanın devamlılığının sağlanması, çevreye ve ekonomiye verilen zararın azaltılması konularına vurgu yapmak, gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi geri dönüşümü yapan bir işletme için işletme toplam maliyetini bulanık doğrusal programlama modeli 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 bulanık doğrusal programlama modeli kurulmuş ve model LINDO 6.01 programıyla çözülmüştür. Çalışma sonucunda, işletmenin toplam maliyetine oranla; bulanık doğrusal programlama yöntemine göre elde edilen optimum çözüm modeline ait toplam maliyet % 26 daha avantajlı olarak elde edilerek işletmeye tasarruf sağlanmıştır.

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

\* Bu çalışma, 2016 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'nde Prof. Dr. Ahmet Ergülen danışmanlığında tamamlanan Banu Bolayır'ın "Bulanık Doğrusal Programlamanın Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarının Geri Dönüşümünde Faaliyet Gösteren Bir İşletmede Uygulaması" adlı doktora tezi esas alınarak hazırlanmıştır.

<sup>1</sup> Dr., banubolayir(at)gmail.com

<sup>2</sup> Prof. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, S.B.B.F., İşletme Bölümü, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, aergulen(at)konya.edu.tr

# OPTIMAL PLANNING WITH FUZZY LINEAR PROGRAMMING METHOD: APPLICATION IN A BUSINESS WHICH RECYCLES FOOD AND AGRICULTURAL PRODUCTS WASTES

## ABSTRACT

The amount of waste is increasing every passing day with the increase of the population is becoming a problem all over the world. Each generation could reduce the amount of waste both for a world on equal terms to pursue a better life as well as energy from waste, so that it can benefit from one of the ways to contribute to the national economy as raw materials are recycled. Recycling, also contributes to sustainable development in a way that does justice to protect the right to life of the current generation and future generations. Recycling is a new business field for businesses that want to ensure their continuity and profitability in a competitive environment. On the other hand businesses want to minimize their costs. Fuzzy linear programming operating costs may be minimized. 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 by drawing attention could make evaluation by recycling the raw feed of waste recycling to a new point of view to point out, ensuring the continuity of sustainable development, environment and economy to make emphasis on the reduction, the loss of food and agricultural products business to a company engaged in feed raw material recycling of waste the total cost of using fuzzy linear programming model is performed in order to minimize. In the application part of the study of food and agricultural products from recycled waste will minimize the total cost of operating a business in which the raw material was established fuzzy linear programming model and the model was solved with LINDO 6.01 program. In conclusion, compared to the total cost of the business; the total cost of the optimum model obtained by the fuzzy linear programming solution method is more advantageous savings of 26 % were obtained in operation.

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

Bolayır, Banu ve Ergülen, Ahmet. "Bulanık Doğrusal Programlama Yöntemi İle Optimal Planlama: Gıda ve Tarım Ürünleri Atıklarından Geri Dönüşüm Yapan Bir İşletmede Uygulama". *ulakbilge* 5. 18 (2018): 2097-2129

Bolayır, B. ve Ergülen, A. (2017). Bulanık Doğrusal Programlama Yöntemi İle Optimal Planlama: Gıda ve Tarım Ürünleri Atıklarından Geri Dönüşüm Yapan Bir İşletmede Uygulama. *ulakbilge*, 5 (18), s.2097-2129.

## 1. GİRİŞ

İnsan yaşamı boyunca var olan atıklar; kullanım sonrası ortaya çıkmakta, çevreyi olumsuz etkilemekte, bertaraf edilme ihtiyacı duyulmaktadır (Tenikler, 2007: 5). Hem şimdiki neslin hem de gelecek neslin daha yaşanabilir bir dünyada hayat sürmesi için atıklardan uygun olanları geri dönüşüm ve geri kazanım ile değerlendirmek gerekmektedir.

Atıklardan kurtulmak için atıkları bütünüyle yok etmek kütlenin korunumu prensibine göre mümkün olmamakta, bertaraf yöntemlerinde atıkların çevreye ve insanlara zararsız hale getirilmesi amaçlanmaktadır (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2009: 58).

Nüfusun hızlı artışı ve artan çevre kirliliği atıklarından geri dönüşümü ve geri kazanımı zorunlu kılmaktadır. Geri dönüşüm hem sürdürülebilir kalkınma hem de çevre için çok önemlidir. Çünkü atıklardan geri dönüşüm ile enerji elde etmenin yanı sıra çöp işlemlerinde kolaylık sağlanmakta, ayrılan depolama sahalarının daha uzun ömürlü kullanılmasını sağladığı gibi çöp işlemlerindeki masraflar azalmakta, çevre kirliliği önlenmektedir. Ayrıca tüm atıklar içerisinde miktar olarak en fazla olan gıda atıklarının çöpe atılmaktansa değerlendirilebilecek kısımlarından hayvan yemi, gübre, biyoyakıt ve biyoenerji elde edilmesi ile ekonomiye katkı sağlamaktadır. Çalışmada bahsedilen gıda ve tarım ürünleri atıklarından geri dönüşüm ile yem hammaddesi yapılarak katkıya katkı sağlanmaktadır. Gıda atıklarından geri dönüşüm için tesisler açılması ve bu işin ülke genelinde geliştirilerek sürekli hale getirilmesi ile yeni bir iş sahasının oluşturulması sağlanmalıdır. Bu faydalarının göz önüne alınıp sadece kâğıt, cam, plastik atıkların geri dönüşümü ile değil gıda atıklarının geri dönüşümünün de ülke ekonomisi için çok büyük katkı sağlayacağı düşünülerek çalışmalara başlanmalı ve yaygınlaştırılmalıdır. Ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik için geri dönüşümü çok önemli olan gıda atıklarının da geri dönüşümünün getirilerini de göz ardı etmememiz, sürdürülebilir bir yaşam için alışkanlıklarımızı değiştirerek geri dönüşüme vatandaş olarak katkı sunmamız gerekmektedir.

Küresel rekabet ortamında rakipleri karşısında avantaj elde etmek isteyen işletmeler için son yıllarda geri dönüşümün önemi artmaktadır. Diğer yandan işletmeler iş hayatında her gün yeni kararlar almak zorundadırlar. Kararların daha çok belirsizlik içinde alındığı görülmektedir. Belirsizlik içinde alınan kararların hızlı alınabilmesi ve doğru olabilmesi, eldeki kaynakların en iyi şekilde değerlendirilmesi işletmeleri rakip işletmeler karşısında avantajlı duruma getirmektedir. Gerçek yaşamda olaylar karmaşıktır ve matematiksel olarak ifade etmek zor olmaktadır.

Bulanık doğrusal programlama gerçek yaşam problemlerini çözmede daha etkilidir. Bulanık doğrusal programlama belirsizlik durumunda modelleme yapılabilmesini ve esnek sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle bulanık doğrusal programlama belirsizlik ortamında karar vericinin etkili ve doğru kararlar vermesine daha yardımcı olmaktadır. Dolayısıyla işletmeler karlılıklarını korumak, sürekliliklerini sağlamak, küresel rekabet ortamında rakipleri karşısında üstünlük elde edebilmek için maliyetlerini en aza indirmeleri gerekmektedir. Bulanık doğrusal programlama ile işletme maliyetlerinin minimize edilmesinin daha iyi sonuçlar verdiği düşünüldüğünden bulanık doğrusal programlama yöntemiyle işletme toplam maliyetini optimize etmeyi hedefleyen bu çalışmada, geri dönüşüm uygulaması yapan bir işletmeye ait veriler kullanılarak bulanık doğrusal programlama matematiksel modeli kurulmuş ve bulanık doğrusal programlama optimal planlaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda, maliyetlerin minimize edilmesinde bulanık doğrusal programlama yönteminin kullanılmasının kazançlı olduğu gösterilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Son yıllarda popüler olan geri dönüşüm konusunda uluslararası ve ulusal alanda birçok çalışma yapılmıştır. Uluslararası ve ulusal çalışmalar genellikle ambalaj, cam, plastik, kâğıt, katı atık gibi geri dönüşüm konuları üzerinedir. Araştırma boyunca ulusal ve uluslararası çalışmalarda gıda ve tarım ürünleri atıklarının yem hammaddesine geri dönüşümü alanında özgün sayılabilecek şekilde bir çalışma bulunamamıştır. Gıda atığı ile ilgili olarak yapılan akademik çalışmalardan bazıları şunlardır: Food Waste Behavior in An Urban Population (Harrison, Rathje ve Hughes 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, Kassaveti ve Ladas, 2008), An Analysis of A Community Food Waste Stream (Griffin, Sobal ve Lyson, 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, Barthel ve Macnaughton, 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, Adenso-Diaz ve Yurt, 2011), Reducing Food Waste-What is Behind Good Habits and Good Practices?: A Research Methodology Consideration (Bodi, Zsoldos ve Kasza, 2013), Food Waste (Downing, Priestley ve Carr, 2015), Food Waste Generation and

Industrial Uses: A Review (Giroto, Alibardi ve Cossu, 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).

Herhangi bir atığın geri dönüşümü ile ilgili olarak geri dönüşüm tesisinde işletme maliyetlerinin bulanık doğrusal programlama ile minimize edilmesi konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmakla birlikte çalışmanın konusu olan bulanık doğrusal programlama yöntemiyle (veya başka bir matematiksel yöntem ile) gıda ve tarım ürünleri atıklarından veya gıda ve tarım atıklarından geri dönüşüm yapan bir işletmede işletme maliyetlerinin minimize edilmesi konusunda literatürde bir çalışma bulunmamaktadır. Gıda atığı dışındaki başka atıklardan geri dönüşüm ve bulanık doğrusal programlama konularının birleşiminden oluşan bazı akademik çalışmalar şunlardır: 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).

### 3. GERİ DÖNÜŞÜM

Geri dönüşüm, kaynak israfını önlemek, hammadde tüketimini azaltmak, çevre kirliliğini ve doğaya verilen zararı engellemek, insan sağlığını korumak, enerji tasarrufu sağlamak kısacası hayat standartlarını yükseltmek ve gelecek nesillere daha iyi bir çevre bırakmak, ekonomilerine katkıda bulunmak isteyen gelişmiş ülkelerin öncelikli hedeflerinden sürdürülebilir kalkınma için çok önemlidir.

1987 yılında Norveç Başbakanı Gro Harlem Brundtland'in başkanlığında toplanan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED)'da yayımlanan "Ortak Geleceğimiz" (Brundtland Raporu) adlı raporda resmi olarak ilk kez, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılayabilme olanağını tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılayabilecek kalkınma olarak tanımlanan sürdürülebilir kalkınma için bugünün ihtiyaçları ile yarının ihtiyaçları arasındaki dengenin korunması gerekmektedir (Aksu, 2011: 6; World Commission on Environment and Development (WCED), 1987: 16). Dolayısıyla doğal kaynaklardan uzun vadede ve maksimum bir şekilde faydalanarak, gelecek kuşakların daha iyi bir şekilde yaşama hakkı artırılmaktadır.

Gerı dönüşüme olan ihtıyacın başlamasında savaşlar nedeniyle ortaya çıkan kaynak sıkıntılarını etkili olmuş, İkinci Dünya Savaşı sırasında büyük devletler ülke çapında geri dönüşüm ile ilgili kampanyalar başlatmışlardır. Kaynak koruma programları, doğal kaynakları kısıtlı bazı ülkelerde (Japonya gibi) savaş sonrası da devam etmiştir (Çevreonline, t.y.).

Çevresel ve ekonomik değerler yaratan bir çözüm olarak bakılan geri dönüşüm, birçok ürünün geri kazanımını gerektiren çevre kanunlarının artışından dolayı önemli bir konu durumuna gelmiştir. Geri dönüşüm ile çevrenin geleceği ve canlıların yaşamı üzerinde etkilerinin daima pozitif olmasının sağlanması, geri dönüşüm faaliyetlerinin sağlık ve çevre göz önünde bulundurularak yürütülmesinin yasal güvence ve standartlara bağlanması, bu faaliyetler için etkin bir izleme ve kontrol mekanizmasının oluşturulması gerekmektedir (Setaputra, 2005: 17; Şengül, 2010: 74).

Gerı dönüşüm; kullanılmış ve fonksiyonunu yitirmiş ürünlerin ve malzeme bileşenlerinin yeniden kazanılması performansdır. Bu faaliyetlerin temelini belirleyen ekonomik ve yasal faktörlerdir (Güngör ve Gupta, 1999: 825).

Her atık çöp olmamakla birlikte bazı atıklar geri dönüştürülebilmektedir. Geri dönüştürülebilen atıklar; cam, kâğıt-karton, plastik, demir, çelik, bakır, alüminyum, kurşun, kauçuk, akümülatör, pil, araç lastikleri, motor yağları, bitkisel yağlar, elektronik atıklar, organik atıklar, beton, röntgen filmleri, kimyasal atıklar, tekstil, ahşap, solvent bazlı atıklar, atık kablolar, deri endüstrisi atıkları, mezbaha atıkları, peynir altı suyu ve arıtma çamurudur (Çevreonline, t.y.; T.C. Tekirdağ Valiliği, t.y.: 17; Tuğra Gerı Dönüşüm, t.y.). Geri dönüştürme metotları her atık için farklılık göstermektedir (T.C. Tekirdağ Valiliği, t.y.: 16).

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.).

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

Tüm insanlığı ilgilendiren geri dönüşüm, çevre gibi önemli konular ile ilgilenecek bir grup insanın sorumluluğunda olmamalı, bütün insanlar için zorunluluk olmalıdır. Bu durum 1982 T.C. Anayasası'nda ve 2872 Sayılı Çevre

Kanunu'nda aşağıdaki ifadeler ile açık bir şekilde belirtilmektedir (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004: 452):

1982 Anayasasının 56. maddesinde “Herkes sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir, çevreyi geliştirmek, çevre sağlığını korumak ve çevre kirlenmesini önlemek devletin ve vatandaşların ödevidir” denilmektedir. Anayasa ve ona paralel olarak çıkarılmış olan 2872 Sayılı Çevre Kanunu da, çevrenin korunması ve geliştirilmesi için hem devlete hem bireylere aktif olarak katılmaları gereken bir görev vererek, çevre hakkını birçok gelişmiş ülkede kabul edilen çağdaş bir yaklaşımla ele almaktadır.

Gerri dönüşüm, Türkiye’de Çevre Kanunu ve bu kanuna istinaden çıkarılan yönetmeliklerle düzenlenmektedir (Çevreonline, t.y.).

#### 4. GIDA ATIĞI VE GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Resmi Gazete’nin 11 Ağustos 1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanunu’nun 2006 değişikliğinden önce 18132 sayısında “Atık, herhangi bir faaliyet sonucunda çevreye atılan veya bırakılan zararlı maddeler” olarak ifade edilmektedir (Çevre Kanunu, 1983: 6).

Dünyada atıklar arasında en fazla miktara sahip olan, hala önemsenmeyerek çoğu ülkenin çöp olarak bertaraf ettiği ve son yıllarda geri dönüşüm ve geri kazanım ile değerlendirilerek ülke ekonomisine katkı sağlamasıyla önemi artan atıkların başında gıda atıkları gelmektedir. Gıda insan hayatının devamlılığı için gerekmekte, artan nüfusla birlikte daha fazla gıda atığı ortaya çıkmaktadır.

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 de artırmıştır (Griffin, Sobal ve Lyson, 2009: 67; Kantor vd., 1997: 2).

2013 yılı itibariyle, İngiliz Makine Mühendisleri Kurumu (IME)’ye göre iki milyar ton değerinde (dünyada üretilen tüm gıdaların yarısı kadar) yiyecek israf edilmektedir (Food Waste: Half Of All Food Ends Up Thrown Away, 2013). Dünya nüfusunun hızla arttığı göz önünde bulundurulursa her geçen gün daha çok gıda çöpe atılmaktadır.

Gıda kaybı; özellikle insan tüketimi için yenilebilir gıdanın tedarik zincirinin bir parçası boyunca hasat sonrası ve işleme aşamalarında, yenilebilir gıda kütleindeki azalma, gıda atığı; perakendeciler ve tüketicilerin davranışları nedeniyle

perakende ve nihai tüketim aşamalarında meydana gelen gıda kaybı olarak tanımlanmaktadır (Gustavsson vd., 2011: 2; Parfitt, Barthel ve Macnaughton, 2010: 3065). Bazen birbiri yerine kullanılan gıda atığı ve gıda kaybı anlamsal olarak birbirine benzemektedir. Gıda atığının tam bir tanımı bulunmaktadır. Çünkü yakın yıllara kadar gıda atıkları geri dönüşüm ve geri kazanım ile değerlendirilebilecek atıklar arasında yer almamakta, bu atıklar çöp olarak düşünülmektedir. Yasal şartlara uygun gıda atıkları da gelişen teknoloji ile birlikte geri dönüşüm ve geri kazanım yoluyla değerlendirilebilmektedir.

Gıda atık veya kayıp nedenleri gıda tedarik zincirinin üretim, işleme, perakendecilik ve tüketim aşamalarında meydana gelmektedir (Ötles vd., 2015: 4). Gıda atık veya kayıp; düşük gelirli ülkelerde çoğu kayıp üretim sırasında oluşmakta, gelişmiş ülkelerde ise tüketim aşamasında israf edilmektedir (Gustavsson vd., 2011: v).

Gıda atıkları yönetimi hiyerarşisinde gıda atıkları öncelikli seçenekten son seçeneğe doğru sırasıyla; önleme, kaynağında israfı azaltma, aç insanlara bağışta bulunma ve hayvanları besleme, gıda atıklarının besinsel değerlerinden yararlanabilmek için hayvan yemi olarak geri dönüşüm yapma, enerji ihtiyacını karşılamak için geri kazanım sağlama, düzenli depolama ve bertaraf olmalıdır (Hong Kong Environment Bureau (HKEB), 2014: 8; Ötles vd., 2015: 11).

Türkiye’de geri dönüşümü ve geri kazanımı sağlanan atıklar için birçok yönetmelik, tebliğ bulunmakta, bu yönetmelikler, tebliğler dünya standartlarına ve günümüz şartlarına uygunluk açısından zaman zaman güncellenmektedir. 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 01.10.2013 tarih ve 28782 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ” ve 11.05.2015 tarih ve 29292 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren “Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ” ile değişiklik yapılmıştır (Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği, 2011; Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ, 2013; Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ, 2015).

05.07.2008 tarihli ve 26927 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan, sınaî ve ticari faaliyetlerden, üretim tesislerinden ve ürünlerin kullanımından kaynaklanan Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmeliğin Ek-IV’ünde sunulan Atık Listesinde yer alan (\*) ile işaretlenmemiş bazı tehlikesiz atıkların toplanması,



ayrılması, geçici depolanması, geri kazanılması, yeniden kullanılması ve değerlendirilmesine ilişkin esasları kapsayan Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği'nde Türkiye'deki bazı tehlikesiz atıkların yönetimine ilişkin görev, yetki ve sorumluluklar belirlenmiştir (Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik, 2008; Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği, 2011).

Geri kazanımı sağlanabilecek atıklarda olduğu gibi gıda atıklarını içeren tehlikesiz atıklarda da bertaraf edilecek atık miktarını azaltmak ve ekonomiye katkı sağlamak için geri kazanılması gerekmektedir (Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği, 2011). Ayrıca gıda atıklarından hammadde ve enerji elde edilirken çevre ve insan sağlığı göz önünde bulundurularak çeşitli bertaraf işlemlerine tabi tutulmalıdır.

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, biyokatıllar, toprak çeşitleri vb.) ile kıyaslandığında enerji tasarrufu optimize edilebilmektedir (Westendorf, 2000: 13).

## 5. UYGULAMA

Uygulama için, İzmir'in Kemalpaşa ilçesinde çeşitli 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, tarım ve deniz ürünleri atıkları çöp ile karışmamış temiz atıklar olup, işletme işleme firmaları ile sözleşme yaparak bu atıkları firmaların tesislerinden toplamaktadır. İşletme gıda, tarım ve deniz ürünleri atıkları olarak, 02 01 03 atık kodlu bitki dokusu atıklarından sadece tarım ürünleri atıkları, 02 03 04 atık kodlu tüketime uygun olmayan gıda maddelerinden gıda atıkları ve 02 01 02 atık kodlu hayvan dokusu atıklarından olan deniz ürünlerinden sadece istiridye kabuğu atıklarını alarak yem hammaddesi yapmak için kullanmaktadır. İşletme 2015 yılında yem hammaddesi yapımında gıda ve tarım ürünleri atıklarını kullanmış, deniz ürünleri atıklarını kullanmamıştır. Dolayısıyla çalışmada bulanık doğrusal programlama modeli kurulurken işletmenin 2015 yılındaki gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi yapması ile ilgili veriler kullanılmıştır.

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 (pelet yem; ince olarak hazırlanmış yemin buhar yardımıyla preslerde belirli çaplarda şekillendirilmesi) 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. Üretilen yem hammaddelerini işletme, kendi markası ile perakende ve toptan alım-satım yapmakta ya da direk besi çiftliklerine sunmaktadır.

İşletme 2015 yılında yem hammaddesi yapmak için çeşitli gıda ve tarım ürünleri atıklarını Torbalı'da 1, Kemalpaşa'da 4, Karşıyaka A.O.S.B.'de 1, Armutlu-Örnekköy'de 3, Salihli'de 1, Denizli'de 1 olmak üzere 6 adet il/ilçedeki 11 adet anlaşmalı yerden toplama, tesise taşıma, ambalaj malzemelerinden ve yem hammaddesinde kullanılacakları tesis içerisinde ayırma, ön işleme için depolama, ön işleme, ana işleme için depolama, ana işleme aşamalarını takip etmektedir. İşletme gıda, tarım ve deniz ürünleri atıklarından geri dönüşüm ile elde edilen 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. İşletmede gıda, tarım ve deniz ürünleri atıklarından elde edilen yem hammaddesi, şuaana kadar sadece kümes hayvanlarına çalışma yapılmakla birlikte kanatlı, küçükbaş ve büyükbaş besiciliğinde kullanımı söz konusu olup, her hayvanın yiyebileceği şekilde elde edilmektedir.

İşletme gıda, tarım ve deniz ürünleri atıklarından yem hammaddesi geri dönüşümünde kullanılamayacak olan kısmı işletmenin diğer bir faaliyet alanı olan biyokütle yakıtında kullanılmaktadır. Tesiste ayırma sırasında zaman zaman çıkan, nem değeri yüksek ve fermante olmuş atıklar yem hammaddesinde ya da biyokütle yakıtında kullanılmamaktadır. Tesiste bertaraf edilmeyen bu atıklar ilgili atık koduna göre mevcut geri kazanım firmalarına geri kazanım için verilmektedir. Ayrıca atıkların ayrılması sırasında oluşan ambalaj atıkları da toplanıp geri kazanım firmalarına verilmektedir. Böylece % 100 geri dönüşüm sağlanmakta ve yem hammaddesine dönüşmeyen atıklar da değerlendirilmektedir. Bunlar dışında iskartaya çıkan herhangi bir atık bulunmamaktadır.

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 2'den 2015 yılı için işletme toplam 526.770 kg gıda ve tarım ürünleri atıklarını toplama yerlerinden toplamıştır.

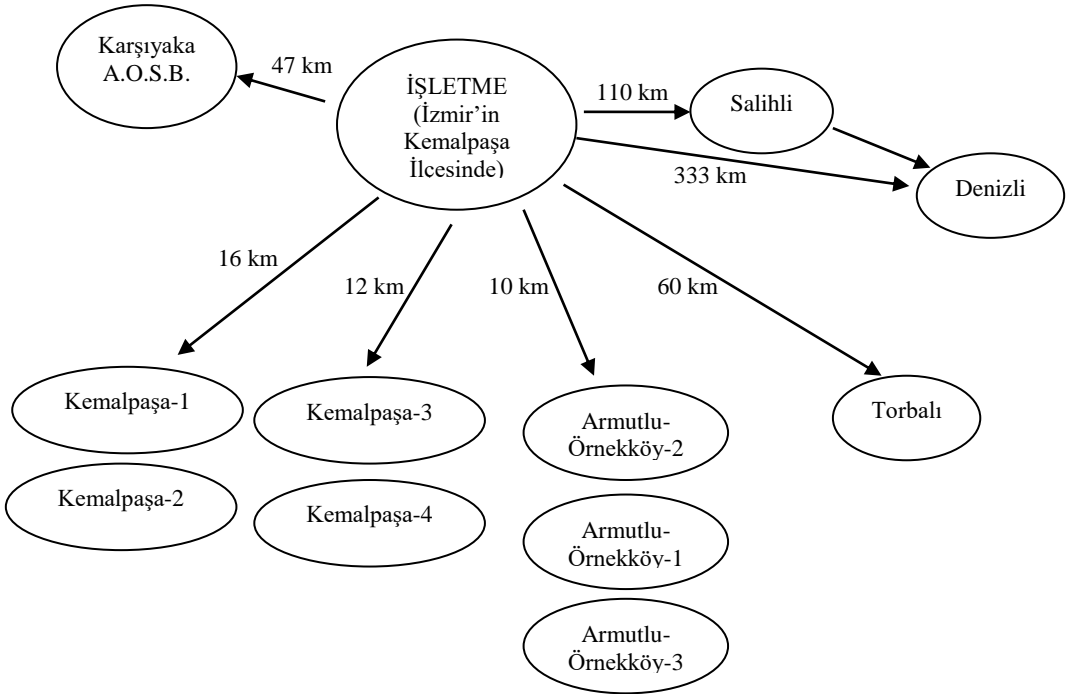
**Tablo 1. Toplama Yerlerinin İşletmeye Göre Uzaklıkları Ve İşletmenin Toplama Yerlerinden Topladığı Gıda Ve Tarım Ürünleri Atık Çeşitleri (2015 Yılı)**

<b>Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarını Toplama Yerleri</b>	<b>İşletme İle Toplama Yerleri Arası Uzaklık (km)</b>	<b>Gıda Ve Tarım Ürünleri Atık Çeşitleri</b>
<b>Torbali</b>	60 km	Bitki Dokusu Atıkları (Kekik, Defne, Kimyon Ağırlıklı)
<b>Kemalpaşa-1</b>	16 km	Bitki Dokusu Atıkları (Kekik, Defne Ağırlıklı)
<b>Kemalpaşa-2</b>	16 km	Bitki Dokusu Atıkları (Haşhaş Kepeği, Defne, Kimyon, Kekik)
<b>Kemalpaşa-3</b>	12 km	Bitki Dokusu Atıkları (Sadece Defne)
<b>Kemalpaşa-4</b>	12 km	Tüketime Uygun Olmayan Gıda Maddeleri (Zeytin Yaprağı Dalı)
<b>Karşıyaka A.O.S.B.</b>	47 km	Bitki Dokusu Atıkları (Kimyon, Tavşan Memesi Bitkisi Gibi Değişik Bitkiler)
<b>Armutlu-Örnekköy-1</b>	10 km	Bitki Dokusu Atıkları (Zeytin Yaprağı Dalı Tozu)
<b>Armutlu-Örnekköy-2</b>	10 km	Bitki Dokusu Atıkları (Zeytin Yaprağı Dalı Tozu)
<b>Armutlu-Örnekköy-3</b>	10 km	Bitki Dokusu Atıkları (Zeytin Yaprağı Dalı Tozu)
<b>Salihli</b>	110 km	Bitki Dokusu Atıkları (Çam Ağacı İğne Yaprakları ve Bahçe Otları Ağaç Yaprakları)
<b>Denizli</b>	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
<b>Torbali</b>			2900	6000	7000		12100	25500	13000	12000	14500	13500	<b>106500</b>
<b>Kemalpaşa-1</b>		18580	12100	13840	13440	28860	11160	20740	13660	17020	10080	7020	<b>166500</b>
<b>Kemalpaşa-2</b>			3660	28760						3960			<b>36380</b>
<b>Kemalpaşa-3</b>		5400				45000			40000	40000			<b>130400</b>
<b>Kemalpaşa-4</b>								2000					<b>2000</b>
<b>Karşıyaka A.O.S.B.</b>		5110	8700		6290		16900	4840					<b>41840</b>
<b>Armutlu-Örnekköy-1</b>				4240	9140								<b>13380</b>
<b>Armutlu-Örnekköy-2</b>						5180							<b>5180</b>
<b>Armutlu-Örnekköy-3</b>								13500					<b>13500</b>
<b>Salihli</b>											1900		<b>1900</b>
<b>Denizli</b>						5000	4190						<b>9190</b>
<b>TOPLAM</b>		<b>29090</b>	<b>27360</b>	<b>52840</b>	<b>35870</b>	<b>84040</b>	<b>44350</b>	<b>66580</b>	<b>66660</b>	<b>72980</b>	<b>26480</b>	<b>20520</b>	<b>526770</b>

İşletmenin yem hammaddesi yapmak için gıda ve tarım ürünleri atıklarını toplama yerleri; Torbalı'da 1, Kemalpaşa'da 4, Karşıyaka A.O.S.B.'de 1, Armutlu-Örnekköy'de 3, Salihli'de 1, Denizli'de 1 olmak üzere 6 adet il/ilçedeki toplam 11 adet farklı anlaşmalı yer olup, bulanık doğrusal programlama modelini çözmek için; Kemalpaşa-1 ve Kemalpaşa-2 bir grup, Kemalpaşa-3 ve Kemalpaşa-4 bir grup, Armutlu-Örnekköy-1, Armutlu-Örnekköy-2 ve Armutlu-Örnekköy-3 bir grup, Salihli ve Denizli bir grup olmak üzere 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**

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

İşletme; gıda ve tarım ürünleri atıklarını anlaşmalı 11 adet toplama yerinden çuval-bigbag ile her ay belli zamanlarda uygun ölçülerde almakta, toplama yerlerinden toplanıp taşınmaya hazır hale gelen atıkları işletmeye ait 4 ve 20 ton kapasiteli kamyon tipli araçlarla işletmeye taşımaktadır. İşletmenin Çevre ve Şehircilik Bakanlığı İzin ve Lisansı çerçevesinde alımını kabul ettiği atıklarda, atık sahibi firmalar ile yaptıkları tehlikesiz atık alım sözleşmelerinde atık alım bedeli için bedelsiz yönünde anlaşma sağlanmış olup atıklar için ayrıca bir satın alma maliyeti bulunmamaktadır. Dolayısıyla işletme gıda ve tarım ürünleri atıklarını aldığı toplama yerlerine ödeme yapmadığı için toplama ve taşıma maliyetlerini 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)
<b>Kamyon</b>	<b>4 tonluk</b>	1	Max 8 saat	1,2 TL/km
<b>Kamyon</b>	<b>20 tonluk</b>	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		Salihi (Alaçehir)		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			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			
Aralık		1		1																			
<b>TOPLAM</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>23</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>24</b>	<b>1</b>		<b>3</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>1</b>		<b>1</b>		<b>1</b>			<b>2</b>

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

Aylar	Torbalı		Kemalpaşa-1		Kemalpaşa-2		Kemalpaşa-3		Kemalpaşa-4		Karşıyaka A.O.S.B.		Armutlu- Örnekköy-1		Armutlu- Örnekköy-2		Armutlu- Örnekköy-3		Salihi (Alaçehir)		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																			
<b>TOPLAM</b>	<b>146,4</b>	<b>1980</b>	<b>76,8</b>	<b>1104</b>	<b>76,8</b>	<b>192</b>	<b>57,6</b>	<b>864</b>	<b>28,8</b>		<b>338,4</b>	<b>705</b>	<b>24</b>	<b>30</b>		<b>30</b>	<b>30</b>		<b>330</b>			<b>2000</b>	



İşletmenin 2015 yılı için toplam yıllık sabit maliyeti 180.594,92 TL'dir.

İşletme, gıda ve tarım ürünleri atıklarını anlaşmalı toplama yerlerinden işletmeye taşıdıktan sonra ambalajları olan atıkları ambalajlarından ve yem hammaddesi geri dönüşümünde kullanılacak atıkları ayırmaktadır. İşletme ayırma ve dönüştürme maliyetlerini tek kalem altında birlikte değerlendirmektedir. İşletmenin 2015 yılı için toplam yıllık ayırma-dönüştürme maliyeti 53.323,65 TL'dir.

İşletme toplama yerlerinden gelen gıda ve tarım ürünleri atıklarını yem hammaddesine dönüştürene kadar, ön işleme için depolama ve ana işleme için depolamaktadır. İşletmenin 2015 yılı için toplam yıllık depolama maliyeti 8.955 TL'dir.

Yukarıdaki bilgiler doğrultusunda işletmenin her toplama yeri için aylık birim maliyetleri; işletmeye toplama yerlerinden gelen gıda ve tarım ürünleri atık çeşidi için ayrı olarak hesaplanmadan işletmenin 2015 yılındaki gıda ve tarım ürünleri atıklarının yem hammaddesine geri dönüşümünde kullandığı yıllık toplam toplama-taşıma, sabit, ayırma-dönüştürme, depolama maliyetleri ve toplam gıda ve tarım ürünleri atık miktarı göz önüne alınarak hesaplanmıştır. Her toplama yerinden toplanan gıda ve tarım ürünleri atıkları için işletmenin aylık birim maliyetleri Tablo 6'da verilmektedir.

**Tablo 6. İşletmenin Gıda Ve Tarım Ürünleri Atıklarını 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					

### 5.1. İşletme İçin Önerilen Bulanık Doğrusal Programlama Modeli

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).

Model kurma uygulama sürecinin adımları; karar probleminin belirlenmesi, modelin formüllendirilmesi, problemin formüllendirilmesi, modelden çözüm elde edilmesi, modelin geçerliliğinin denenmesi, modelin uygulanması, modelin kontrol altına alınması ve karar verme, sonuçların yorumudur (Ergülen, 2003: 208-209; Öztürk, 2009: 22).

Yöneylem araştırmasında birçok matematiksel yöntem bulunmaktadır. Bu matematiksel yöntemlerden ikisi optimizasyon problemlerin çözümünde kullanılan doğrusal programlama ve bulanık doğrusal programlamadır. 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 ( $\sim$ ) 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 çatiya izin vermektedir (Stanciulescu vd., 2003: 655).

Gerçek yaşam problemlerinde birçok karar süreci belirsiz bir yapıya sahip olduğundan bulanık mantık ve doğrusal programlamanın bir birleşimi olan bulanık doğrusal programlama, doğrusal programlamadan daha etkin ve kullanışlı bir yöntemdir (Tuş, 2006: 53).

Bulanık ortamda karar verme problemlerinin çözümü için yapılan ilk çalışma 1970 yılında Bellman ve Zadeh tarafından yayımlanan “Bulanık Ortamda Karar Verme” adlı makale olmuş, daha sonra bulanık ortamda karar verme modellerinden biri olan bulanık matematiksel programlama ile ilgili çalışmalar ve

bunların uzantısı olarak bulanık doğrusal programlama çalışmaları yapılmıştır (Yalçın Seçme, 2005: 25). 1974 yılında Zimmermann tarafından “Bulanık Amaç ve Bulanık Kısıtlarla Bulanık Doğrusal Programlama” adlı bulanık doğrusal programlama ile ilgili ilk çalışma yapılmış, daha sonra bulanık doğrusal programlama problemlerin modellenmesi ve çözümünde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Doğrusal programlamanın kullanıldığı bütün alanlarda kullanılabilen bulanık doğrusal programlama, gerçek yaşam problemlerinde parametre değerlerinin çoğunlukla önceden bilinmemesi nedeniyle doğrusal programlamanın önüne geçmiş, bilgisayar teknolojisindeki hızlı gelişmeler sonucunda büyük ölçekli gerçek yaşam problemlerinde de kullanılmaya başlanmıştır (Tuş, 2006: 60-61).

Çalışmanın uygulamasında gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi yapan bir işletmede işletme maliyetini minimize etmek için optimizasyon problemlerin çözümünde kullanılan, bulanık mantık ile doğrusal programlamanın birleşimi olan ve belirsizlik altında kullanılan, gerçek yaşam problemlerinde doğrusal programlamadan daha iyi sonuçlar veren bulanık doğrusal programlama modeli kurulmuştur.

Maliyet minimizasyonu için kurulan model çok sayıda değişken içerdiğinden, bu şekildeki problemleri çözmek için bilgisayar paket programlarının kullanılması gerekmekte, doğru kurulan modeller mevcut bilgisayar paket programları ile en iyi zamanda ve en uygun şekilde çözümlenebilmektedir (Ergülen, Kazan ve Kaplan, 2005: 169). İşletmenin toplam maliyetinin minimize edilmesi amacıyla kurulan bulanık doğrusal programlama modeli LINDO 6.01 paket programı kullanılarak çözülmüştür.

Minimum bulanık doğrusal programlama modeli için, indisler yardımıyla parametreler ve karar değişkenlerinin problemde temsil ettikleri değerler belirlenip tanımlanarak amaç fonksiyonu, sınırlayıcı şartlar ve pozitiflik şartı oluşturulmuştur.

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

$\alpha_j$  : 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:

$\alpha_j$  : 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:

$$\begin{aligned} x_{ij}, Q_j, b_i &\geq 0 \\ V_{pj} \geq 0, U_{jr} &\geq 0 \\ 0 &\leq \alpha_j \leq 1 \end{aligned} \quad (5)$$

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

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

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  $\alpha_j$  değişkeninin değeri kadar olacaktır. Ayrıca  $\alpha_j$  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  $\alpha_j$  katsayılarına göre, ikinci öncelikli amaca ilişkin (2) eşitliğindeki değişkenlerin talep edilen atık kısıtındaki  $\alpha_j$  katsayılarının çok küçük bir değer olması gerektiğinden  $\alpha_j$  katsayıları aynı kabul edilmiş ve bulanık doğrusal programlama modeli çözülmüştür.

## 5.2. İşletme İçin Önerilen Bulanık Doğrusal Programlama Modelinin Çözümü Ve Sonucun Değerlendirilmesi

İşletmenin 2015 yılı gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi yapma verilerine göre kurulan bulanık doğrusal programlama modeli LINDO 6.01 paket programla çözümlenerek sonuçlar elde edilmiş (Ek 2), model için optimum maliyete ulaşılmıştır. Bulanık doğrusal programlama modelinin 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, bulanık doğrusal programlama modeline ait toplam maliyet ve bu modelin işletmeye göre tasarruf miktarı Tablo 7’de verilmektedir.

**Tablo 7. İşletmeye ve Bulanık Doğrusal Programlama Modeline Ait Yıllık Miktar Ve Maliyetlerin Karşılaştırılması**

<b>İşletmeye Ait Toplam Veriler</b>	
İşletmeye Ait Yıllık Toplam Maliyet	252.401,14 TL
İşletmeye Ait Yıllık Toplanan Atık Miktarı	526.770 kg
<b>Bulanık Doğrusal Programlama Modeline Ait Toplam Veriler</b>	
Bulanık Doğrusal Programlama Modeline Ait Yıllık Toplam Maliyet	185.971,3 TL
<b>Yıllık Toplam Tasarruf</b>	
İşletmenin Yıllık Toplam Maliyeti – Bulanık Doğrusal Programlama Modelinin Yıllık Toplam Maliyeti	66.429,84 TL

Tablo 7’de işletme toplam maliyeti ile bulanık doğrusal programlama modeline ait toplam maliyet karşılaştırıldığında bulanık doğrusal programlamada 66.429,84 TL tasarruf olduğu görülmektedir. Bu durum bulanık doğrusal programlama modelindeki toplam maliyette, işletme toplam maliyetine göre % 26 oranında daha avantajlı bir tasarruf yapıldığını göstermektedir. Dolayısıyla bulanık doğrusal programlama modeli ile işletmenin toplam maliyetinde daha kar sağlandığından, işletmenin bulanık doğrusal programlama modelini kullanmasının daha avantajlı olduğuna karar verilmiştir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİ

Nüfusun hızlı artışı ile birlikte sınırsız sanılan kaynakların bilinçsizce kullanılması gelecek neslin yaşamına zarar vermektedir. Kullanılan kaynaklardan faydalanma yollarından biri geri dönüşümdür. Geri dönüştürülebilecek malzemeleri

geri dönüşüm döngüsüne yeniden katarak şimdiden önlem almak gerekmektedir. Geri dönüştürülebilecek atıklardan uygun olanlardan insan ve çevre sağlığı göz önünde bulundurularak hazırlanan yasalar çerçevesinde geri dönüşüm yapılmalıdır. Son yıllarda atık miktarı bakımından en fazla olarak tüm ülkeler için sorun haline gelen gıda atıklarından da geri dönüşüm sağlanabilmektedir. 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. Çalışmada gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi geri dönüşümü yapılması ile ilgili veriler kullanılmıştır. Uygulamada anlatılan gıda ve tarım ürünleri atıkları çöp ile karışmamış temiz atıklar olup işe yaramaz diye düşündüğümüz bu atıkların protein, yağ gibi besin değerlerinden faydalanılarak yem hammaddesine geri dönüşümünün yapılması ile ülke ekonomisine katkı sağlanmakta, geleceğe yatırım yapılmakta, çevre kirliliği önlenmekte, bugünkü nesil ile gelecek neslin ihtiyaçlarını dengede tutmayı sağlayan sürdürülebilir kalkınmanın devamlılığının sağlanmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca çalışma ile gıda ve tarım ürünleri atıklarının sadece yem hammaddesine geri dönüşümünün değil gıda atıklarından elde edilebilecek yasal çerçevelere uygun geri dönüşümün ve geri kazanımın çevre korunması, insan sağlığı, sürdürülebilir kalkınma ve ülke ekonomisi için önemli olduğuna dikkat çekilmek istenmiştir.

Çalışmada, gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi geri dönüşümü yapan bir işletmede bulanık doğrusal programlama modeli yardımıyla işletme toplam maliyetini minimize yapan uygulamaya yer verilmiştir. İşletmenin maliyetlerinde azalma sağlayabilmesi için işletme planına alternatif olarak işletmeden alınan 2015 yılı verileriyle bulanık doğrusal programlama modeli kurulmuş, model çözümlenerek optimum çözüm planı oluşturulmuştur. Çözüm sonucunda; işletmenin bir sene boyunca hangi şartlar altında ve ne kadarlık maliyet azalışı sağlanabileceğini gösteren bulanık doğrusal programlama modeli ile işletme maliyeti karşılaştırılarak işletmeye gıda ve tarım ürünleri atıklarından yem hammaddesi geri dönüşümünde maliyetlerde daha tasarruf sağlayan bulanık doğrusal programlama modelinin kullanılmasının işletmenin yararına olduğu gösterilmiştir. Ayrıca bulanık doğrusal programlama modelinin işletme için daha fazla bilgi sağlayarak daha anlamlı sonuçlar verdiği ve belirsizlikleri kapsayan bulanık doğrusal programlama modelinin kullanılmasının işletmenin yararına olduğu gösterilmiştir.

Çalışma sonucunda; gıda ve tarım ürünleri atıklarının geri dönüşümü problemlerinde toplam maliyetin minimize edilebilmesi için bulanık doğrusal



programlama modelinin kurulabileceği gösterilmiş, bulanık programlama modeli ile elde edilen tasarrufla işletmeye dolayısıyla da Ülkemize kar sağlanmıştır.

İleri ki çalışmalarda; gıda atıklarından geri dönüşüm için bu çalışma ilerletilerek atık ve kapasite kısıtlarına ek olarak enerji, işgücü, ... gibi kısıtlar eklenerek toplam maliyeti minimize edecek veya toplam karı maximize edecek yeni bir model oluşturulabilir. Bu çalışma tamsayı programlama, hedef programlama gibi farklı programlamalar aracılığıyla modeller oluşturularak, hatta bu modellerde bulanıklık kullanılarak maliyetleri minimize edecek çalışmalar yapılabilir. Ülkemizde işletmeler, üniversiteler ile bağlantı kurarak atıkların geri dönüşümü için atıkların toplanmasından değerlendirilmesine kadar ki tüm aşamalarda kurulacak modellerle verimliklerini artırabilir, maliyetlerinde tasarruf sağlayarak karlılıklarını artırabilirler. Böylece işletmeler sadece kendileri için değil ülke ekonomisine katkı da bulunmuş olurlar.

## KAYNAKLAR

- Aksu, C. (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, I. S., Kassaveti, A. ve Ladas, D. (2008). Food Waste Treatment Methodologies. I. S. Arvanitoyannis (Ed.), *Waste Management for The Food Industries* içinde (s. 345–410). Oxford: Elsevier Academic Press.
- Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik. (2008, 5 Temmuz). *Resmi Gazete* (Sayı: 26927). <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/07/20080705-7.htm> Erişim Tarihi: 07.06.2015.
- Aydın, N. (2007). *Katı Atık Yönetiminde Optimal Planlama için Bulanık Doğrusal Programlama Yaklaşımı*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliği. (2011, 17 Haziran). *Resmi Gazete* (Sayı: 27967). <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/06/20110617-9.htm> Erişim Tarihi: 07.06.2015.

Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ. (2013, 1 Ekim). *Resmi Gazete* (Sayı: 28782). <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/10/20131001-9.htm> Erişim Tarihi: 07.06.2015.

Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ. (2015, 11 Mart). *Resmi Gazete* (Sayı: 29292). <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/03/20150311-12.htm> Erişim Tarihi: 07.06.2015.

Beyhan, M. (1997). *Isparta Evsel ve Ticari Katı Atıklarından Geri Kazanılabilir Maddelerin Potansiyelinin Araştırılması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Bodi, B., Zsoldos, L. ve Kasza, G. (2013). Reducing Food Waste-What is Behind Good Habits and Good Practices? A Research Methodology Consideration. *Proceedings 12th IAS-STs Annual Conference*, 6-7 Mayıs 2013, Austria. <http://www.ifz.at/ias/IAS-STs/Publications/Proceedings-12th-IAS-STs-Annual-Conference-6-7-May-2013> Erişim Tarihi: 18.04.2015.

Bourne, M. 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 Kanunu. (1983, 9 Ağustos). *Resmi Gazete* (Tarih: 11 Ağustos 1983, Sayı: 18132). <http://www.resmigazete.gov.tr/arsiv/18132.pdf> Erişim Tarihi: 28.03.2015.

Çevre Koruma Ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı. (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](http://www.cevko.org.tr/cevko/IcSayfa/Cevko/index.php?option=com_content&task=view&id=272&Itemid=254) Erişim Tarihi: 04.04.2015.

Çevreonline. (t.y.). Geri Dönüşüm Nedir?. <http://cevreonline.com/geri-donusum/> Erişim Tarihi: 14.04.2015.

Downing, E., Priestley, S. ve Carr, W. (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, A. (2003). Gıda Ürünlerinin Kara Yolu ile Taşınmasında Maliyet Minimizasyonu: Bir Tamsayılı Doğrusal Programlama Uygulaması. *Uludağ Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22 (2): 203-232.
- Ergülen, A., Kazan, H. ve Kaplan, M. (2005). İşletmelerde Dağıtım Sistemi Maliyetleri Minimizasyonu için Çözüm Modeli: Bir Firma Uygulaması, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13: 163-172.
- Ergülen, A. ve Kazan, H. (2007). Taşımacılık Sektörünün İşleyiş Süreci, Bulanık Dağıtım Probleminin Tamsayılı Doğrusal Programlama Model Denemesi. *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 3 (6): 109-125.
- Food Waste: Half Of All Food Ends Up Thrown Away. (2013, 10 Ocak). *Huffington Post*. [http://www.huffingtonpost.co.uk/2013/01/10/food-waste-half-of-all-fo\\_n\\_2445022.html](http://www.huffingtonpost.co.uk/2013/01/10/food-waste-half-of-all-fo_n_2445022.html) Erişim Tarihi: 27.03.2015.
- Giroto, F., Alibardi, L. ve Cossu, R. (2015). Food Waste Generation and Industrial Uses: A Review. *Waste Management*, 45: 32–41.
- Griffin, M., Sobal, J. ve Lyson, T. A. (2009). An Analysis of A Community Food Waste Stream. *Agriculture and Human Values*, 26 (1-2): 67-81.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R. ve Meybeck, A. (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.
- Güngör, A. ve Gupta, S. M. (1999). Issues in Environmentally Conscious Manufacturing and Product Recovery: A Survey. *Computers and Industrial Engineering*, 36 (4): 811-853.
- Hall, K. D., Guo, J., Dore, M. ve Chow, C. C. (2009). The Progressive Increase of Food Waste in America and Its Environmental Impact. *Plos One*, 4 (11): 1-6.
- Harrison, G. G., Rathje, W. L. ve Hughes, W. 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, A. 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, L. S., Lipton, K., Manchester, A. ve Oliveira, V. (1997). Estimating and Addressing America's Food Losses. *Food Review*, 20 (1): 2-12.
- Lozano-Olvera, G., Ojeda-Benitez, S., Castro-Rodriguez, J. R., Bravo-Zanoguera, M. ve Rodriguez-Diaz, A. (2008). Identification of Waste Packaging Profiles Using Fuzzy Logic. *Resources, Conservation and Recycling*, 52 (8-9): 1022-1030.
- Lundie, S. ve Peters, G. M. (2005). Life Cycle Assessment of Food Waste Management Options. *Journal of Cleaner Production*, 13 (3): 275-286.
- Mena, C., Adenso-Diaz, B. ve Yurt, Ö. (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, F. ve Huang, G. (2008). A Fuzzy Decision Aid Model for Environmental Performance Assessment in Waste Recycling. *Environmental Modelling and Software*, 23 (6): 677-689.
- Ötleş, S., Despoudi, S., Bucatariu, C. ve Kartal, C. (2015). Food Waste Management, Valorization and Sustainability in The Food Industry. C. 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.
- Öztürk, A. (2009). *Yöneylem Araştırması*. (12. Baskı). Bursa: Ekin Yayınevi.
- Parfitt, J., Barthel, M. ve Macnaughton, S. (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.
- Setaputra, R. (2005). *Role of Return Policy in Reverse Logistics: Issues and Optimum Policies*. Unpublished The Doctor of Philosophy Thesis, The University of Wisconsin, Milwaukee, Wisconsin, USA.

- Stanciulescu, C., Fortemps, P., Installe, M. ve Wertz, V. (2003). Multiobjective Fuzzy Linear Programming Problems with Fuzzy Decision Variables. *European Journal of Operational Research*, 149 (3): 654-675.
- Şengül, Ü. (2010). *Tersine Lojistik Ağ Tasarımında Karma Tamsayı Programlama Modeli ve Ambalaj Atıkları Geri Dönüşümü İçin Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Dairesi Başkanlığı. (2004). Türkiye Çevre Atlası. Ankara. <http://www.cedgm.gov.tr/cevreatlasi/cevredurumu.pdf> Erişim Tarihi: 30.03.2015.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı. (2009). Çevre Koruma, Katı Atık Toplama. Ankara. [http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/cevrekoruma/moduller/kati\\_atik\\_toplama.pdf](http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/cevrekoruma/moduller/kati_atik_toplama.pdf) Erişim Tarihi: 22.04.2015.
- T.C. Tekirdağ Valiliği, İl Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü. (t.y.). Atık Yönetiminde Geri Dönüşüm. <http://www.csb.gov.tr/dosyalar/images/file/geridonusum.pdf> Erişim Tarihi: 24.09.2015.
- Tenikler, G. (2007). *Türkiye’de Tehlikeli Atık Yönetimi ve Avrupa Birliği Ülkeleri İle Karşılaştırmalı Bir Analiz*. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Tuğra Geri Dönüşüm. (t.y.). Geri Dönüşüm. <http://tugrageridonusum.com/geridonusum/> Erişim Tarihi: 20.04.2015.
- Tuş, A. (2006). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Westendorf, M. L. (2000). Food Waste As Animal Feed: An Introduction. M. L. Westendorf (Ed.), *Food Waste to Animal Feed* içinde (s. 3–16). Iowa: Iowa State University Press/Ames.
- Woon, K. S. ve Lo, I. 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.

Yalçın Seçme, N. (2005). *Klasik Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlamanın Karşılaştırmalı Bir Analizi: Üretim Planlama Örneği*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.

Yapıcı, N. (2000). *Bulanık Doğrusal Programlamaya Sinir Ağları Yaklaşımı*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Zeng, Y. ve Trauth, K. 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 Bulanık Doğrusal Programlama Modeline Ait  $x_{ij}$  Karar Değişkenlerinin Açıklamaları

<b>Karar Değişkenleri</b>	<b>Karar Değişkenlerinin Açıklamaları</b>
$x_{22}$	: 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 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