

## SIRA BAĞIMLI TEK MAKİNELİ ÇİZELGELEME PROBLEMİNDE ERKENLİK VE GEÇLİK KATSAYILARININ BULANIK AKSİYOMATİK TASARIM YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Harun R. YAZGAN\*, Sena KIR, Seyidenur ÖZBAKIR, Ezgi SEZİK

Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya  
yazgan@sakarya.edu.tr, senas@sakarya.edu.tr, seyideozbakir@gmail.com, ezgisezik@gmail.com

Geliş Tarihi: 1 Ağustos 2013; Kabul Ediliş Tarihi: 23 Eylül 2014

### ÖZET

Bu çalışmada, tam zamanında üretim felsefesini uygulamak zorunda olan işletmelerin üretim çizelgeleme problemlerini çözerken karşılaştıkları bulanık değerlerin probleme katılarak gerçeğe en uygun çözümü elde etmeleri hedeflenmiştir. Gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletmenin tek bir makine üzerindeki farklı teslim tarihli ürünlerinin tam zamanında sevk edilmesi problemi ele alınmış, erken ve geç üretimler cezalandırılarak ceza maliyeti fonksiyonunu en küçükleyen çizelge oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında, belirli kriterler altında bulanık aksiyomatik tasarım yaklaşımı ile erken ve geç üretimin ceza katsayıları hesaplanmıştır. Bu yaklaşım ile elde edilen ceza değerleri ve işletmeden alınan geçmiş yıllara ait verilerle, bir matematiksel model kullanılarak çizelgeler oluşturulmuş, son olarak da firmada uygulanmış mevcut çizelgeler ile yeni bulunan çizelgeler karşılaştırılarak önerilen yöntemin etkinliği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Aksiyomatik tasarım, erkenlik ceza katsayıları, geçlik ceza katsayıları

### DETERMINATION OF EARLINESS AND TARDINESS COEFFICIENTS BY FUZZY AXIOMATIC DESIGN TECHNIQUE IN A SEQUENCE DEPENDENT SINGLE MACHINE SCHEDULING PROBLEM

### ABSTRACT

In this study, it is aimed to reach a goal of finding a more realistic solution with considering fuzzy values in case of solving production scheduling problem in a company which has to adapt just in time philosophy under severe competition conditions. A schedule is obtained with minimization of a penalty cost function considering production with punishing of earliness and lateness because of an objective is to deliver different due date products in just in time on a single machine in a company which functions in a food industry.

Penalty coefficients of earliness and lateness are determined by an axiomatic design method under certain criteria. Schedules are obtained using a mathematical model with considering penalty values and company's previous year's data. Then, effectiveness of the proposed method is illustrated with comparing past schedules and schedules which are calculated by the proposed method.

**Keywords:** Axiomatic design, earliness penalty function, lateness penalty function

\* İletişim yazarı

### 1. GİRİŞ

Günümüz rekabet koşullarında işletmeler, pazar ve müşteri portföylerini korumaya çalışmakta, yeni pazarlar aramakta, müşteri istek ve beklentilerini tam olarak karşılayabilmek için de yeni tasarımlar üzerinde yoğunlaşmaktadırlar. Fakat rekabet üstünlüğü için mükemmel bir ürün tasarlamaya ve pazarlamaya yoğunlaşmanın yanı sıra, bu ürünleri müşteriye tam zamanında sunmak da bir zorunluluk haline almıştır.

Tam zamanında üretim stratejisini uygulayan bir işletmenin etkili olması demek, geç kalan iş sayısını veya hazırlık sayısını en küçükmek gibi belli bir hedef için tüm kısıtlar göz önünde bulundurularak, operasyonların kaynaklar üzerinde sıralanması işleminin, yani çizelgelemesinin iyi ve doğru yapılması demektir. Kısacası tam zamanında üretim felsefesinde sıralama ve çizelgeleme, önemli bir yer tutmaktadır.

Gıda üretim sektörü, üretilen gıda maddelerinin kısa sürede bozulması ve fireye ayrılması nedeniyle, yığınlar halinde erken üretim depolamanın mümkün olmadığı ve rekabet koşulları gereği tam zamanında üretime zorlanan sektörlerin başında gelmektedir. Çalışmada, tek makinenin birden fazla ürün için kullanılması durumunda meydana gelen sıra bağımlı hazırlık zamanlı çizelgeleme probleminde raf ömrü, sevkiyat tipi, sözleşme durumu ve müşterinin gücü kriterleri göz önünde bulundurularak erken ve geç üretme ceza katsayıları Aksiyomatik Tasarım (AT) yöntemiyle hesaplanmıştır. Hesaplanan cezalar literatürde mevcut olan bir matematiksel model üzerinde kullanılarak geçmiş yıllara ait veriler üzerinde test edilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

### 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde öncelikle, AT kullanılarak yapılmış çalışmalar, sonrasında ise erkenlik ve geçlik ceza katsayıları ile ilgili literatürde öne çıkan çalışmalar incelenecektir.

AT yöntemi 1980'lerin başlarından itibaren, bilimsel bir 'tasarım yaklaşımı' olarak ortaya konulmuştur. İlk olarak ürün tasarımıyla ilgili konularda kullanılmıştır. Ancak, aksiyomlarla tasarımın son zamanlarda

sistem tasarımında da kullanıldığı görülmektedir.

Suh (1990) tarafından geliştirilen ve son yıllarda hızla gelişmekte olan bu tekniğin; ürün, sistem, organizasyon ve yazılım gibi birçok alanda tasarım yaparken kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların ilklerinden biri, Gunasekera vd. (1995) tarafından yapılmıştır. Çalışmaların, metal şekillendirme sürecinde kavramsal aşama, ilk ve son aşamadan oluşan üç aşamalı bir yaklaşım önermişler ve kavramsal aşamayı AT ilkelere kullanarak tasarlamışlardır. Bir diğer çalışma ise Cochran ve Reynal (1996) tarafından yapılan imalat sistemlerinin tasarımı ile ilgilidir. Bu çalışmada, genel olarak Toyota üretim sistemi ve yalın üretim mantığı üzerinde durulmakla birlikte, geliştirilen "fonksiyonel ihtiyaçlar" üretim sistemlerinin performansının analiz edilmesinde kullanılmıştır. Babic'de (1999) yeni bir esnek imalat sistemin (EIS) tasarım metodu için bir karar destek sistemi önermiştir. AT ile geliştirdiği metodolojinin, özellikle tasarım aşamasında en uygun EIS konfigürasyonunu belirlemede etkin bir karar destek sistemi gibi çalıştığını ifade etmiştir. Cotoia ve Johnson (2001), AT yaklaşımı ile iş süreçlerinin iyileştirilmesi üzerinde çalışmışlardır. Çalışmalarında, bu yöntem ile sistem içerisindeki sorun yaratan süreçlerin daha kolay çözülebildiğini ifade etmişlerdir. Bir başka üretim sisteminin tasarlanması çalışması da Houshmand ve Jamshidnezhad (2002) tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışmadaki amacın kârı en çok yapmayı sağlayacak yalın bir imalat sisteminin oluşturulması olduğunu belirtmişlerdir. Baxter vd. (2002) çalışması ise tedarik zinciri (TZ) ile ilgilidir. TZ'de bir ürünün maliyetini ve temin sürelerinin hesaplanmasında AT'yi kullanmışlardır. Kulak (2005), çalışmasında, geleneksel üretim sisteminden hücresele üretim sistemine geçişte kullanılabilecek yol haritası geliştirdiğini ifade etmiştir. Çalışmada, ayrıca belirli performans kriterlerine göre hücresele tasarımı değerlendirmek ve geliştirmek için bir kontrol mekanizması önermiştir. Kulak vd. (2005), en uygun ekipman seçimi problemi için bilgi aksiyomunu kullanarak maliyet ve teknik kriterlerden oluşan çok ölçütlü bir karar destek modeli geliştirmişlerdir. Modellerinde, kriterlerin kesin ve/veya bulanık olması ile ağırlıklandırılmış ve/veya ağırlıklandırılmamış seçenekleri ayrı ayrı ele alınarak incelenmiştir. Durmuşoğlu

ve Kulak (2008) ise ofis operasyonlarının tasarlanması ile ilgilenmişlerdir. AT ilkelerini kullanarak ofis işlemlerinde katma değeri olmayan faaliyetleri süreçten yok ettiklerini, sonrasında elde ettikleri yeni ofis hücrelerinin çok daha etkin sonuçlar ortaya çıkardığını vurgulamışlardır.

Bundan sonraki kısımda ise erkenlik ve geçlik ceza katsayılarının ele alındığı çalışmalardan bahsedilecektir. Literatürdeki tek makineli sıra bağımlı hazırlık zamanlı çizelgeleme problemlerinde ürünlerin erken ve geç üretilmeleri durumunda değişik cezalar takdir edilmiş; fakat bu cezaların nasıl belirleneceğinden ziyade genel olarak çizelgeleme problemi üzerinde çalışılmıştır. Gavett (1965) yayımladığı makalede, hazırlık zamanları sıra bağımlı olan tek makineli problemlerde sıralama yapabilmek için 3 farklı sezgisel kural önermiştir. Önerilen sıralamaların rassal sıralamaya göre daha etkili sonuç verdiği gözlenmiştir. White ve Wilson (1977) çalışmalarında, hazırlık operasyonlarını sınıflandıran ve hazırlık sürelerini tahmin eden bir yöntemden bahsetmişlerdir. Önerilen bu çizelgeleme prosedürünün, toplam hazırlık zamanını en küçükmeyi amaçlayan, çok karmaşık hesaplara gerek duymayan, elle çözmek için oldukça pratik, anlaması ve kullanması kolay bir metod olduğu ifade edilmiştir. Coleman (1992) çalışmasında, hazırlık zamanları üçgensel eşitsizlik kuralına uygun olmak koşulu ile sıra bağımlı hazırlık zamanlı farklı teslim tarihli işlerin, her birine farklı erkenlik ve geçlik cezaları verilmesine olanak veren bir karışık tam sayılı doğrusal model önermiştir. Ragatz (1993), pozitif gecikmeyi en küçükleyen çizelgeleme üzerinde çalışmıştır. Problem için, bir alt sınır geliştirmiş ve dal sınır algoritmasını çözümünün bir parçası olarak kullanarak gecikmeleri cezalandırmamıştır. Choobineh vd. (2006),  $n$  adet işin bir makinede  $m$  amaca göre sıralanması problemini ele almışlardır. Çalışmada problem, gezgin satıcı problemine benzetilerek yorumlanmış ve karışık tam sayılı bir doğrusal algoritma önerilmiştir. Burada, erkenlik dikkate alınmamış ve geçlik cezalandırılmamıştır. Eren ve Güner (2007), hem toplam tamamlanma zamanını hem de en büyük erken bitirmeyi en küçükmeyi amaçlayan bir 0-1 karışık tam sayılı programlama

modeli önermişlerdir. Erkenlik ve geçlik cezaları tüm işler için eşit olarak alınmıştır. Kir (2011), tek makineli sıra bağımlı çizelgeleme problemini tabu arama ve genetik algoritma yöntemleriyle çözmüş ve geliştirdiği yaklaşımı gıda sektöründe uygulamıştır. Ele aldığı problemde, erkenlik ve geçlik ceza katsayılarının bir uzman tarafından sezgisel olarak belirlendiği ifade edilmiştir.

Bu çalışmada ise yukarıda bahsedilen çalışmalardan farklı olarak, erkenlik ve geçlik cezalarının sezgisel veya rastgele belirlenmesi yerine daha rasyonel bir yöntem olan bulanık aksiyomatik tasarım yönteminin kullanılması tercih edilmiştir. Bu yöntem ile belirli kriterleri dikkate alarak daha gerçekçi ceza katsayılarının elde edilmesi amaçlanmıştır. Literatürde sıra bağımlı tek makineli çizelgeleme problemlerinde aksiyomatik tasarım ile ceza katsayılarının belirlendiği bir örneğe rastlanmamıştır.

Bundan sonraki bölümde, çalışmada kullanılan metodlar konusunda genel bilgiler verilecektir.

### 3. METOT

Bu bölümde, aksiyomatik tasarımın dayandığı temel prensipler, bulanık aksiyomatik tasarım ve problemin çözümünde kullanılacak doğrusal model hakkında kısaca bilgi verilmiştir.

#### 3.1 Aksiyomatik Tasarım

Aksiyomatik tasarım, 1990'lı yıllarda Nam Pyo Suh tarafından geliştirilmiş bir tasarım metodudur. Aksiyomlarla tasarım yöntemi, tasarımda istenilmeyen özelliklerin erken yok edilmesini, hedeflenen amaca odaklanılmasını, tasarım kararlarının verilmesinde kullanılan ölçütlerin belirlenmesini sağlar (Suh, 1990, 2001). Geliştirilen metotta iki aksiyom önerilmiştir:

- Aksiyom 1 (Bağımsızlık Aksiyomu): Fonksiyonel ihtiyaçlar arasında bağımsızlığı sağlanması.
- Aksiyom 2 (Bilgi Aksiyomu): Tasarımın bilgi içeriğinin en aza indirilmesi.

Bir önemli nokta da tasarımcının aşağıda belirtilen konuları gerçekleştirmesi gerektiğidir (Suh, 2001):

- Müşteri ihtiyaçlarının anlaşılmasını sağlamak
- İhtiyaçların karşılanmasına yönelik olarak problemleri oluşturmak
- Sentez yoluyla çözümleri oluşturmak
- Çözümü en iyilemek için analiz yöntemini kullanmak
- Sonuçta ortaya çıkan tasarım çözümünün gerçekteki müşteri ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamadığını kontrol etmek

Suh, tasarımı; müşteri bilgi, fonksiyonel bilgi, fiziksel bilgi ve süreç bilgi sahaları olarak dört alanda tanımlamıştır. Fonksiyonel ihtiyaçlar ile tasarım parametreleri arasındaki ilişki matematiksel olarak aşağıda gösterilmiştir (Suh, 1990):

$$\{F\} = |A| \{DP\}$$

Burada:

$\{F\}$  : Fonksiyonel ihtiyaç vektörü

$\{DP\}$  : Tasarım parametreleri vektörü

$|A|$  : Tasarımı belirleyen matris

Bilgi aksiyomu, bağımsızlık aksiyomunu sağlayan tasarımlar arasından minimum bilgi içeriğine sahip tasarımın en iyi tasarım olduğunu savunur. Çünkü bilgi içeriği, olasılık terimleriyle tanımlanır ve fonksiyonel bağımsızlığı sağlayan eşit olarak kabul edilebilir tasarımların oransal değerlerini kıyaslamak için ölçülebilir. Bilgi aksiyomuna göre gerçekleşme olasılığı en yüksek olan tasarım, en iyi tasarımdır. Burada bilgi içeriği dikkate alınır.  $n$  tane fonksiyonel ihtiyaç olduğunda toplam bilgi içeriği tüm bu olasılıkların

toplamıdır. Eğer toplam, bire eşitse bilgi içeriği sıfır olur. Eğer olasılıklar toplamı birden büyükse gerekli bilgi sonsuzdur. Bilgi içeriği tasarımcı ile belirlenen toleranslar arasındaki etkileşimle belirlenir.  $I$  bilgi içeriği,  $A_s$  sistem alanı,  $A_c$  kesişim alanı olmak üzere bilgi içeriği şu şekilde hesaplanır:

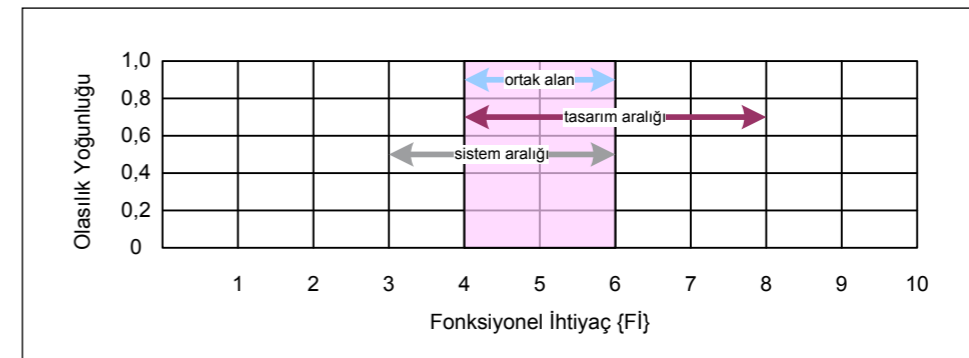
$$I = \log_2\left(\frac{A_s}{A_c}\right)$$

Şekil 1'de bir  $\{F\}$ 'nin sistem olasılık dağılım fonksiyonu uniform olduğunda, tasarımcının belirlediği "tasarım aralığı" ve sistemin gerçekleştirdiği "sistem aralığı" kesiştiği bölgenin kabul edilebilir çözümün bulunduğu alan olduğu görülmektedir.

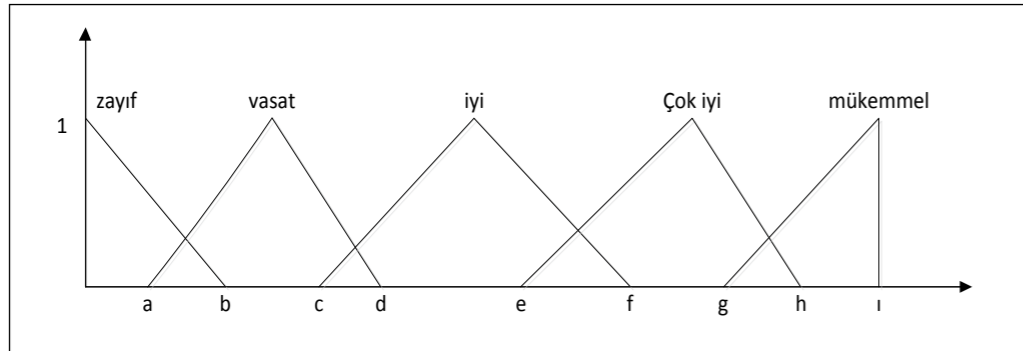
#### 3.2 Bulanık Aksiyomatik Tasarım

Aksiyomatik tasarım (AT), diğer çok ölçütlü karar verme teknikleri gibi verilerin belirli veya kesin olmadığı (bulanık) durumlara göre çözüm metodu değişiklik göstermektedir.

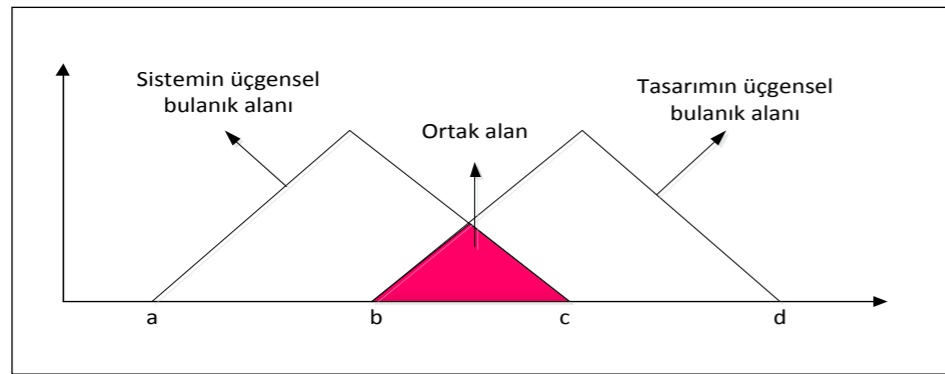
Verilerin bulanıklığı kavramı, ilk kez 1965 yılında Dr. Lütfi Askerzade Zadeh tarafından "Information and Control" dergisinde yayınlanan "Fuzzy Sets (Bulanık Kümeler)" adlı makale ile ortaya atılmıştır. Kesin olarak belirli olan verilerin ifade edilmesinde gerçek sayılar kullanıldığı gibi, verilerin belirli olmadığı veya sayısal değerler yerine dilsel olarak ifade edildiği durumlarda, bu verilerin belirli bir kural tabanına bağlı olarak sayısal bir forma dönüştürülmesi gerektiği önerilmiştir. Bulanık küme teorisi bu ihtiyacı karşılaya-



Şekil 1. Tasarım Aralığı, Sistem Aralığı, Ortak Aralık ve  $\{F\}$ 'nin Sistem Olasılık Dağılım Fonksiyonu (Kulak, 2005)



Şekil 2. Fiziksel Olmayan Faktörler İçin Sayısal Gösterim



Şekil 3. Sistem ve Tasarım Aralıklarının Ortak Alanı

bilecek önemli bir araçtır. Şekil 2'de, sayısal olmayan verilerin sayısallaştırılması için literatürde sıklıkla kullanılan dilsel değişkenlere ait üyelik fonksiyonlarının şematik yapısı gösterilmiştir.

Verilerin bulanık olduğu ve AT'nin kullanıldığı durumda, tasarımın aralık değerleri dilsel olarak verildiğinde, olasılık yoğunluk fonksiyonunun dikkate alınarak üçgensel ya da yamuksal bulanık üyelik fonksiyonları kullanılabilir. Dolayısıyla ortak alan, üçgensel ya da yamuksal bulanık sayıların kesiştiği bölgede oluşacaktır. Şekil 3'te görüldüğü gibi ortak alan, sistem aralığının bulanık üçgensel alanı ile tasarım aralığının bulanık üçgensel alanının arasındaki kesişim bölgesinde oluşur.

Buradan hareketle bilgi içeriği aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$I = \log_2 \left( \frac{\text{Sistem Tasarımının Üçgensel Bulanık Alanı}}{\text{Ortak Alan}} \right)$$

### 3.3 Matematiksel Model

Problemin uygulanabilir en iyi çözümünü bulmak için, 1992 yılında B. Jay Coleman tarafından ele alınmış olan aşağıda gösterilen matematiksel model kullanılmıştır.

$$\text{En az } \sum_{i=1}^N (e_i Erken_i + t_i Geç_i) \quad (1)$$

Kısıtlar

$$X_i \geq p_i \quad i=1, \dots, N \quad (2)$$

$$X_i - Geç_i + Erken_i = d_i \quad i=1, \dots, N \quad (3)$$

$$X_j - X_i + M(1 - Y_{ij}) \geq p_j + s_{ij} \quad i=1, \dots, N, j=i+1, \dots, N \quad (4)$$

$$X_i - X_j + M(Y_{ij}) \geq p_i + s_{ji} \quad i=1, \dots, N, j=i+1, \dots, N \quad (5)$$

$$X_i, Erken_i, Geç_i \geq 0 \quad i=1, \dots, N \quad (6)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad i=1, \dots, N, j=i+1, \dots, N \quad (7)$$

- $X_i$  :  $i$  işinin tamamlanma zamanı  
 $Erken_i$  :  $i$  işinin erken bitirilme zamanı  
 $Geç_i$  :  $i$  işinin geç bitirilme zamanı  
 $Y_{ij}$  :  $i$  işi  $j$  işinden önceyse 1 değerini alır, değilse 0 değerini alır  
 $N$  : Çizelgelenen iş sayısı  
 $p_i$  :  $i$  işinin işlem süresi  
 $d_i$  :  $i$  işinin teslim zamanı  
 $e_i$  :  $i$  işini erken bitirme cezası  
 $t_i$  :  $i$  işini geç bitirme cezası  
 $s_{ij}$  :  $i$  işiyle onu takip eden  $j$  işi arasındaki hazırlık zamanı

(2) numaralı kısıt, bir işin tamamlanma zamanının hazırlık zamanıyla birlikte işin işlem zamanından büyük olacağını göstermektedir. (3) numaralı kısıt, işin teslim tarihinin, işin gecikmesi durumunda tamamlanma zamanıyla gecikme zamanı farkına, işin erken bitmesi durumunda ise tamamlanma zamanıyla erken bitirme zamanının toplamına eşit olduğunu ifade etmektedir. (4) ve (5) numaralı kısıt, aynı anda iki işin yapılmayacağını; (6) numaralı kısıt, tamamlanma zamanını, erkenlik ve geçliğin sıfırdan büyük veya eşit olacağını; (7) numaralı kısıt da  $Y_{ij}$  karar değişkeninin sıfır veya bir değerini aldığını ifade etmektedir.

Erkenlik ve geçlik cezaları, problemi ağırlıklandırılmamış durumdaki optimalden uzaklaştırmaktadır. Yine de problemin erkenlik ve geçlik cezaları olmaksızın çözülmesi çok uygun görülmemektedir. Ağırlıklandırılmamış durumda elde edilen çözümün, istenen ve beklenen teslim zamanları arasındaki farklar (sapmalar) cezalandırılmalı çözümlere göre daha iyi çıkacağı bir gerçektir. Fakat bu çözümlerdeki çizelgelerin gerçekte uygulanması çok daha güçtür. Bulanık aksiyomatik tasarım ile gerçeğe en uygun ve ağırlıklandırılmamış durumdaki optimale daha yakın çözümler elde edilmesi amaçlanmaktadır.

## 4. UYGULAMA

Çalışmada, gıda sektöründe faaliyet gösteren bir işletme içerisinde var olan hazırlık zamanı sıra bağımlı tek makineli çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Çizelgeleme yaparken amaç, farklı teslim tarihli ürünlerin

tam zamanında teslim edilmesini sağlamaktır. Bunun için de kullanılan amaç fonksiyonu, ağırlıklı erkenlik ve geçliğin toplamını en küçükleme amaçtır.

Elde edilen çizelgenin mevcut sistemde kullanılabilirliği ya da uygulanabilirliği önemlidir. Bunun için de çizelgelenen işlere atanan erkenlik ve geçliğin ağırlıkları (cezaları) mevcut sistemin kısıtlarını içermelidir. Örneğin erkenlik ve geçliğin ağırlıklarını önemsemeyen elde edilen, tam zamanında üretime en yakın (optimum) çizelgede geciken bir ürünün gecikmesi halinde, müşteriyle yapılan sözleşme gereği sipariş iptali durumu söz konusu olabilir. Ya da ürün ihracat ürünü ise raf ömründen dolayı erken üretilmesi istenmeyen bir durum olarak karşımıza çıkabilir. Kısacası amaç fonksiyonuna yazılan erken ve geç üretim ağırlıkları mevcut üretim ortamının kısıtları göz önüne alınarak yazılırsa, buna bağlı olarak çizelgenin uygulanabilirliği artacaktır.

Literatürdeki çalışmalara bakıldığında, Kolahan ve Liang (1998), erkenlik ve geçlik ağırlıklarını teslim zamanına göre belirlemiştir. Chang vd. (2004), 0-1 arasında kesikli düzgün dağılıma göre belirlemiş; Rabadi vd. (2004), eşit olarak almıştır. Lee ve Asllani (2004), 0-1 arasında toplamı 1 olacak şekilde rasgele almıştır. İncelenen çalışmalarda, erkenlik ve geçlik ağırlıklarını çizelgeleme ortamının gerçek kısıtlarını göz önüne alabilecek bir yöntemden söz edilmemektedir.

Bunun yanı sıra, çizelgeleme ortamının kısıtları deterministik değildir. İşlerin erken veya geç üretilme olanaklarına çizelgeleme uzmanı tecrübesiyle karar vermektedir. Çalışmamızda, erkenlik ve geçlik ağırlıklarının uzman tecrübesini de göz önüne alarak, metodolojik olarak değerlendirilebilir için FAD tekniği kullanılmıştır.

Değerlendirme aşamasında kullanılan kriterler; raf ömrü, sevkiyat tipi, sözleşme durumu ve müşterinin gücü olarak belirlenmiştir. Kriterlerin belirlenmesinden sonra karar verirken, sayısal ve dilsel değişkenlerin belirlenmesi ve üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu dilsel değişkenlere karşılık gelen bulanık sayılar, Tablo 1'deki gibidir. Tablo 1'deki

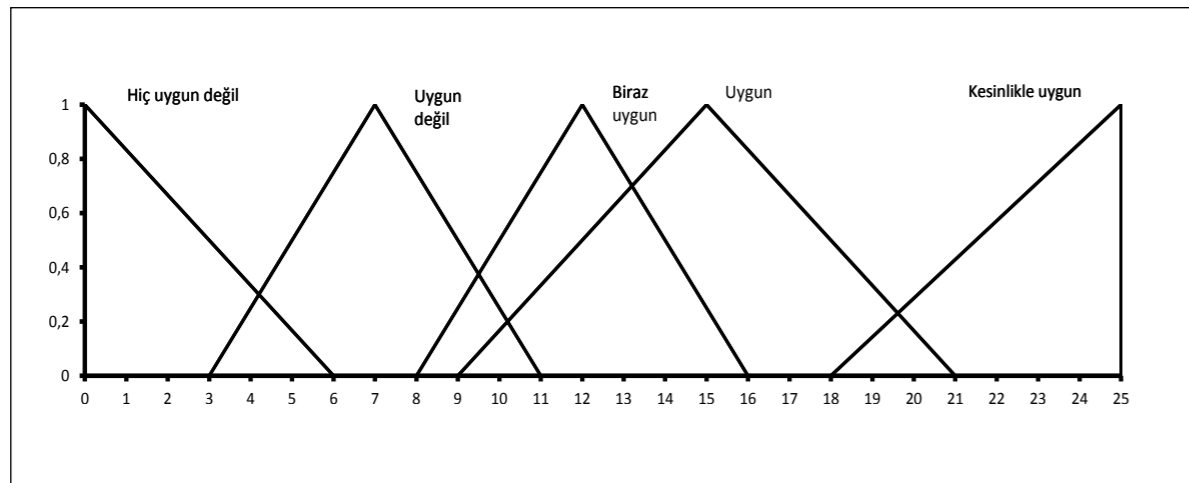
0,0,6 bulanık sayısının sola yayılım değeri sıfır, sağa yayılım değeri altı ve sıfır rakamı merkez değeri göstermektedir. 3, 7, 11 üçgensel bulanık sayısının sola ve sağa yayılım değeri dört, merkez değeri yedidir. 8, 12, 16 bulanık sayısının sağa ve sola yayılım değeri dört, merkezi değeri 12'dir. 9, 15, 21 bulanık sayısının sağa ve sola yayılım değeri altı, merkezi değeri 15'tir. 18, 25, 25 bulanık sayısının sağa yayılım değeri yedi, sola yayılım değeri sıfır ve merkezi değeri 25'tir.

Bu dilsel değişkenler kriterlere göre alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Örneğin; "Ürün 1, geç (gecikmeli) üretim için sözleşme durumu kriteri bakımından ne kadar uygundur?" sorusu uzmana sorulmuş, "HUD (Hiç Uygun Değil)" cevabı alınmıştır (bkz. Tablo 2). Tablo 1'de gösterilen (0, 0, 6) üçgensel bulanık sayısı bu cevaba karşılık gelmektedir.

Tablo 1'in grafiksel olarak gösterimi ise Şekil 4'teki gibidir.

**Tablo 1.** Dilsel Değişkenlerin Sayısal İfadeleri

Hiç uygun değil	0, 0, 6
Uygun değil	3, 7, 11
Biraz uygun	8, 12, 16
Uygun	9, 15, 21
Kesinlikle uygun	18, 25, 25



**Şekil 4.** Dilsel Değişkenlerin Üçgensel İfadeleri

#### 4.1 Ürünlerin Kriterler Altında Değerlendirilmesi

15 farklı ürün örnek olarak alınmıştır. Firmanın belirlediği tasarım aralığı ve ürünlerin sistem aralık verileri Tablo 2'deki gibi belirlenmiştir. Ürünlerin raf ömürleri erkenlik ve geçlik cezası sütunlarına eşit olarak yazılmıştır ve bu değerler bulanık değildir. Sevkiyat tipi kriterine bakıldığında, örneğin çizelgeleme uzmanına, "ürün 1, erken üretmek için sevkiyat tipi kriteri bakımından ne kadar uygundur" sorusu yöneltilir. Tablodaki veriye göre uzman, BU (Biraz Uygun) cevabı vermiştir. Tüm tablo bunun gibi soruların uzmana sorulmasıyla doldurulmuştur.

Ürün 1'e ait erkenlik ve geçlik ceza katsayılarının hesap detayları (FAD'da bilgi içeriği olarak ifade edilir.) şöyle yapılmıştır:

#### Ürün 1'e ait Raf Ömrü Kriteri İçin Erkenlik Cezası:

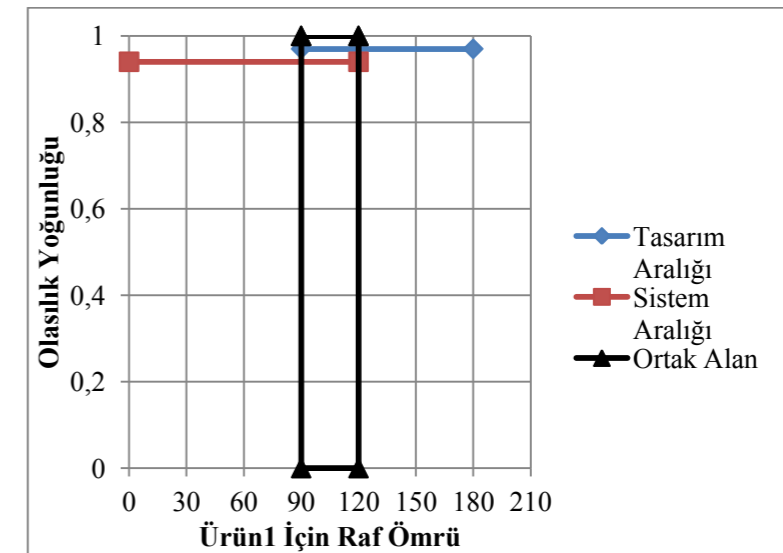
Ürün 1'in raf ömrü kriterine göre tasarım aralığı ve sistem aralığının kesiştiği bölge Şekil 5'teki gibidir.

$$I_{\bar{U}1-R\bar{O}} = \log_2 \left[ \frac{120-0}{120-90} \right] = 2$$

**Tablo 2.** Üretimin Gecikmesi ve Erken Olması Durumundaki Cezalar

Ürün	Raf Ömrü		Sevkiyat Tipi		Sözleşme Durumu		Müşterinin Gücü	
	G	E	G	E	G	E	G	E
	0 - 150	90 - 180	10 25 25	10 25 25	10 25 25	10 25 25	10 25 25	10 25 25
1	0 - 120	0 - 120	BU	UD	HUD	HUD	HUD	UY
2	0 - 120	0 - 120	UY	UY	UY	BU	UY	UY
3	0 - 120	0 - 120	BU	UD	BU	UD	BU	BU
4	0 - 120	0 - 120	UY	UD	UY	UD	UY	UD
5	0 - 120	0 - 120	UY	UY	UY	BU	UY	UY
6	0 - 120	0 - 120	BU	HUD	BU	UD	BU	UY
7	0 - 120	0 - 120	HUD	HUD	HUD	UD	HUD	UD
8	0 - 120	0 - 120	BU	UD	UY	UD	UY	BU
9	0 - 180	0 - 180	HUD	HUD	HUD	BU	HUD	UD
10	0 - 180	0 - 180	BU	UD	BU	HUD	BU	BU
11	0 - 120	0 - 180	BU	UD	UY	UD	UY	BU
12	0 - 180	0 - 180	HUD	HUD	HUD	UD	HUD	UD
13	0 - 180	0 - 180	BU	UD	HUD	UD	HUD	UY
14	0 - 180	0 - 180	BU	UD	BU	UD	BU	BU
15	0 - 120	0 - 120	UY	UY	UY	BU	UY	UY

(G: Üretimin Gecikmesi Durumundaki Cezalar (Geçlik Cezası), E: Üretimin Erken Olması Durumundaki Cezalar (Erkenlik Cezası), BU: Biraz Uygun, UY: Uygun, HUD: Hiç Uygun Değil, UD: Uygun Değil)



**Şekil 5.** Ürün 1'in Raf Ömrü Kriterine Göre Erkenlik Olasılık Yoğunluk Grafiği

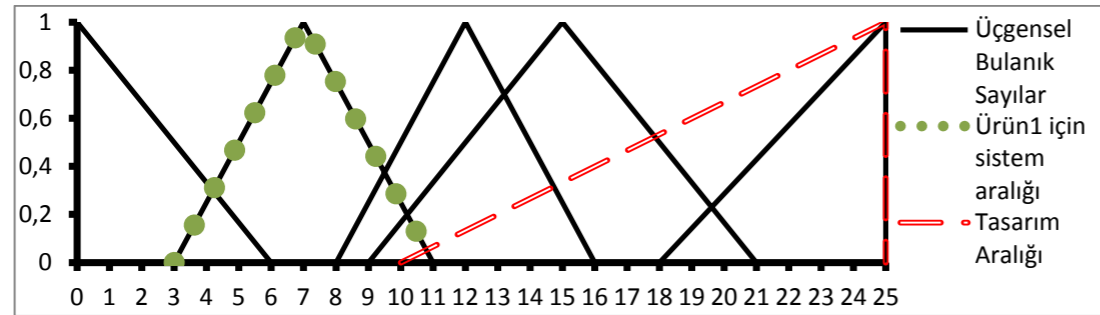
#### Ürün 1'e ait Sevkiyat Tipi Kriteri İçin Erkenlik Cezası:

Ürün 1'in sevkiyat tipi kriterine göre üçgensel alan grafiğinin tasarım aralığı, alan grafiği ile kesiştiği bölge

Şekil 6'da görülmektedir.

Ortak Nokta: (x, y)=(10,79, 0,05)

$$I_{\bar{U}1-ST} = \log_2 \left[ \frac{\text{Sistem Alanı}}{\text{Ortak Alan}} \right] = \log_2 \left[ \frac{4,00}{0,025} \right] = 7,32$$



Şekil 6. Ürün 1'in Sevkiyat Tipi Kriterine Göre Üçgensel Alan Grafiği

Tablo 3. Ürün 1'e ait Erkenlik Cezası

Ürün No	Raf Ömrü	Sevkiyat Tipi	Sözleşme Durumu	Müşterinin Gücü	Toplam Bilgi İçeriği
1	2	7,32	Sonsuz	1,069	SONSUZ

Diğer ürünlerin ve diğer kriterlerin hesaplamaları da benzer şekilde yapılmıştır. Her bir ürün için hesaplanan cezalar (bilgi içerikleri) toplanır. Örnek olarak Tablo 3'te ürün 1'e ait hesaplanan erkenlik cezaları (bilgi içerikleri) kriter kriter gösterilmiş ve toplamı bulunmuştur:

Görüldüğü gibi tasarım parametresiyle (istenen durum), sistem parametresi (mevcut durum) ne kadar çok çakışıyorsa ilgili ceza değeri (bilgi içeriği) o kadar

düşük olmaktadır. Ürünlerin tamamına ait hesaplamalar sonucunda elde edilen veriler Tablo 4'teki gibidir:

Hesaplanan ceza değerleri 0-1 arasına indirgenmiş ve değerlerin birbirine olan oranlarını göz önüne alarak çizelgeleme için en uygun önem derecelerini verebilecek olan ceza değerleri elde edilmiştir. (Sonsuz değeri 0-1 arasındaki en büyük değer olan bir alınmıştır.)

Tablo 4. Erkenlik ve Geçlik Ceza Katsayıları Sonuçları

Ürün	Raf Ömrü		Sevkiyat Tipi		Sözleşme Durumu		Müşterinin Gücü		Toplam Bilgi İçeriği		İndirgenmiş Değerler	
	G	E	G	E	G	E	G	E	G	E	G	E
1	0,00	2,00	2,08	7,25	Sonsuz	Sonsuz	7,25	1,06	Sonsuz	Sonsuz	1,00	1,00
2	0,00	2,00	1,06	1,06	1,06	2,08	7,25	1,06	9,36	6,19	0,11	0,05
3	0,00	2,00	2,08	7,25	2,08	7,25	2,08	2,08	6,23	18,57	0,07	0,14
4	0,00	2,00	1,06	7,25	1,06	7,25	7,25	7,25	9,36	23,74	0,11	0,18
5	0,00	2,00	1,06	1,06	1,06	2,08	1,06	1,06	3,18	6,19	0,04	0,05
6	0,00	2,00	2,08	Sonsuz	2,08	7,25	7,25	1,06	11,4	Sonsuz	0,13	1,00
7	0,00	2,00	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	7,25	Sonsuz	7,25	Sonsuz	Sonsuz	1,00	1,00
8	0,00	2,00	2,08	7,25	1,06	7,25	7,25	2,08	10,38	18,57	0,12	0,14
9	0,26	1,00	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	2,08	Sonsuz	7,25	Sonsuz	Sonsuz	1,00	1,00
10	0,26	1,00	2,08	7,25	2,08	Sonsuz	7,25	2,08	11,67	Sonsuz	0,13	1,00
11	0,00	1,00	2,08	7,25	1,06	7,25	7,25	2,08	10,38	17,57	0,12	0,13
12	0,26	1,00	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz	7,25	Sonsuz	7,25	Sonsuz	Sonsuz	1,00	1,00
13	0,26	1,00	2,08	7,25	Sonsuz	7,25	7,25	1,06	Sonsuz	16,55	1,00	0,13
14	0,26	1,00	2,08	7,25	2,08	7,25	7,25	2,08	11,67	17,57	0,13	0,13
15	0,00	2,00	1,06	1,06	1,06	2,08	1,06	1,06	3,18	6,19	0,04	0,05

Geçmişte hazırlanan çizelgelere ait ürünlerin operasyon süreleri (hazırlık zamanlarından arındırılmış), termin zamanları ve EK-1'de verilen ürünler arası hazırlık süreleri işletmeden alınmıştır. Aksiyomatik tasarım ile hesaplanan ceza değerleri de kullanılarak, Coleman (1992) tarafından geliştirilmiş olan model ile Tablo 3'teki veriler GAMS 23.3'te kodlanarak problemin optimal çözümü bulunmuştur.

İşletmeden alınan geçmişte uygulanmış 12 aya ait farklı çizelgeler ile önerilen yöntemle elde edilen çizelgeler karşılıklı olarak kıyaslanmış ve önerilen yöntemle elde edilen çizelgelerin tamamında toplam erken ve geç bitirme zamanlarının, mevcut çizelgelere ait toplam erken ve geç bitirme zamanlarından daha küçük olduğu görülmüştür. Tablo 5'te bu çizelgelerin karşılaştırılmasından bir örnek görülmektedir. Tablo 4'te yedinci ürünün erken ve geç üretilmesinin uygun olmadığı belirtilmektedir. Tablo 5'te de bu ürünün tam zamanında üretildiği görülmektedir. Her zaman erken veya geç üretilmesi uygun olmayan bir ürünü

tam zamanında üretmek mümkün değildir. Çözüm için matematiksel model kullandığımızı göz önünde bulundurursak; birinci, altıncı, dokuzuncu, on ikinci ve on üçüncü ürünlerin de ağırlıkları (cezaları) yüksek olduğundan (uygun olmadığından) sapmaların (erkenlik ve geçlik değerlerinin) mümkün olabilecek en küçük değeri aldığını söyleyebiliriz.

Tablo 6 ve 7'de karşılaştırılan 12 aya ait çizelgenin toplam erken ve geç bitirme zamanlarının farklılıklarının karşılaştırılması sonucu elde edilen bağımsız gruplar arası farkların *t* testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 6'da, işletmedeki mevcut çizelgeler ile önerilen yöntemle elde edilen çizelgelerin ağırlıksız (ceza katsayısız) toplam erkenlik ve geçlik değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılırken, örneklem varyanslarının eşitliği kabulünün doğrulandığı Levene testinin Sig. değerine (0,181) bakılarak söylenebilir. Örneklem varyansları eşitse, %93,8 güvenle bu iki örneklem arasında fark olduğu *t* testinin Sig. değerine (0,062) bakarak söyleyebiliriz. Ortalamalar

Tablo 5. Mevcut ve Önerilen Çizelgelerin Karşılaştırılmasını Gösteren Bir Örnek

İş Numarası	Termin Zamanı	İşlem Zamanı	Mevcut Çizelge				Önerilen Çizelge			
			İş Sırası	Tamamlanma Zamanı	Erken Bitirme Zamanı	Geç Bitirme Zamanı	İş Sırası	Tamamlanma Zamanı	Erken Bitirme Zamanı	Geç Bitirme Zamanı
1	140	18,7	3	114,45	25,55	-	4	125,57	14,43	-
2	560	174,17	15	599,19	-	39,19	15	589,57	-	29,57
3	140	75,57	1	75,57	64,43	-	1	75,57	64,43	-
4	280	75,45	11	246,59	33,41	-	11	236,97	43,03	-
5	280	22,4	13	308,02	-	28,02	13	298,4	-	18,4
6	140	12,18	2	91,75	48,25	-	2	91,75	48,25	-
7	140	10,43	4	128,88	11,12	-	5	140	-	-
8	420	111	14	423,02	-	3,02	14	413,4	6,6	-
9	280	31,03	12	281,62	1,62	-	12	272	8	-
10	140	7,12	5	140	-	-	3	102,87	37,13	-
11	140	3,9	6	147,9	-	7,9	9	152,8	-	12,8
12	140	0,6	8	157,58	-	17,58	6	142,6	-	2,6
13	140	1,08	7	152,98	-	12,98	7	147,68	-	7,68
14	140	0,72	10	167,02	-	27,02	10	157,52	-	17,52
15	140	0,72	9	162,3	-	22,3	8	148,65	-	8,65
<b>TOPLAM</b>			-	-	<b>342,39</b>	-	-	-	<b>319,09</b>	

**Tablo 6.** Mevcut Çizelgeler ile Önerilen Yöntemle Elde Edilen Çizelgelerin Toplam Erkenlik ve Geçlik (Ağırlıksız) Değerlerinin Karşılaştırılması

Group Statistics					
Toplam Erkenlik ve Geçlik	Durum	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
		Önerilen	12	681,1900	233,88219
	Mevcut	12	922,8708	355,63871	102,66405
Independent Samples Test					
		Levene's Test for Equality of Variances			
		F	Sig.		
Toplam Erkenlik ve Geçlik	Equal variances assumed	1,907	,181		
	Equal variances not assumed				
Independent Samples Test					
		t-test for Equality of Means			
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
Toplam Erkenlik ve Geçlik	Equal variances assumed	-1,967	22	,062	-241,68083
	Equal variances not assumed	-1,967	19,016	,064	-241,68083

**Tablo 7.** Mevcut Çizelgeler ile Önerilen Yöntemle Elde Edilen Çizelgelerin Ağırlıklı Toplam Erkenlik ve Geçlik Değerlerinin Karşılaştırılması

Group Statistics					
Ağırlıklı Toplam Erkenlik ve Geçlik	Durum	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
		Önerilen	12	295,3894	114,74587
	Mevcut	12	540,2332	372,09208	107,41373
Independent Samples Test					
		Levene's Test for Equality of Variances			
		F	Sig.		
Ağırlıklı Toplam Erkenlik ve Geçlik	Equal variances assumed	5,171	,033		
	Equal variances not assumed				
Independent Samples Test					
		t-test for Equality of Means			
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
Ağırlıklı Toplam Erkenlik ve Geçlik	Equal variances assumed	-2,178	22	,040	-244,84384
	Equal variances not assumed	-2,178	13,073	,048	-244,84384

arasındaki farkın -241,68083 olması da önerilen yöntemle elde edilen çizelgelerin toplam erkenlik ve geçlikleri ortalamasının mevcut çizelgelerin toplam erkenlik ve geçlikleri ortalamasından küçük olduğunu

göstermektedir.

12 aylık üretim verileriyle mevcut çizelgeler ve önerilen yöntem ile elde edilen çizelgeler karşılaştırıl-

dığında, ağırlıklı ve ağırlıksız olarak toplam erkenlik ve geçlik bakımından farklı olduğunu ve önerilen yöntemle elde edilen değerlerin mevcut değerlerden daha iyi olduğunu söyleyebiliriz.

İşletmedeki mevcut çizelgeler ile önerilen yöntemle elde edilen çizelgelerin ağırlıklı (ceza katsayılı) toplam erkenlik ve geçlik değerleri Tablo 7'de karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılırken örneklem varyanslarının eşitliği kabulünün doğrulanmadığı Levene testinin Sig. değerine (0,033) bakılarak söylenebilir. Örneklem varyansları eşit değilse, %95,2 güvenle bu iki örneklem arasında fark olduğu *t* testinin Sig. değerine (0,048) bakarak söyleyebiliriz. Ortalamalar arasındaki farkın -244,84384 olması da önerilen yöntemle elde edilen çizelgelerin ağırlıklı toplam erkenlik ve geçlikleri ortalamasının mevcut çizelgelerin ağırlıklı toplam erkenlik ve geçlikleri ortalamasından küçük olduğunu göstermektedir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, işlerin tam zamanında teslim edilmesi olan tek makineli ortamda çizelgeleme problemi ele alınmıştır. Problemin çözümü için de Coleman (1992) tarafından geliştirilen erken ve geç üretimin cezalandırıldığı bir matematiksel model seçilmiştir. Bu modelde her bir iş için, işin istenen zamandan erken bitirilmesi ve geç bitirilmesi süreleri belirli ceza katsayılarıyla çarpılmaktadır. Bu ceza katsayıları amaç fonksiyonunu doğrusal olarak etkilediğinden, bu değerler gerçeği ne kadar yansıtıyorsa çözümün de gerçekliği ve uygulanabilirliğinin o derece yüksek olacağı aşikârdır.

Ele aldığımız örnek uygulamanın ceza katsayılarının oluşturulması için planlamacı ile görüşüldüğünde, ürünlerin erken veya geç üretilmesine müsaade edecek veya engelleyecek faktörlerin üçünün bulanık, birinin de sayısal ifadelerden oluştuğu görülmüştür. Bu aşamada ceza değerleri belirlenirken, hem sayısal değerleri hem de bulanık ifadeleri göz önüne alan ve rasyonel bir yaklaşım olan bulanık aksiyomatik tasarım kullanılmış, erkenlik ve geçlik cezaları bu yöntemle hesaplanmıştır. Literatürde sıra bağımlı tek makineli çizelgeleme problemlerinde aksiyomatik tasarımın

kullanıldığı bir örneğe rastlanmamıştır.

Uygulamanın yapıldığı işletmede çizelgeler, planlamacı tarafından belirlenmektedir. Planlamacı, her bir ürün için her bir kriteri göz önüne alarak, tamamen tecrübeye ve basit matematiksel hesaplara dayalı bir çizelge oluşturmaktadır. Bu çalışmada, bulanık aksiyomatik tasarım ile ürünler için erkenlik ve geçlik cezaları oluşturulmuştur. İşletmeden alınan, geçmişte hazırlanıp ve uygulanmış çizelgelere ait veriler kullanılarak yukarıda verilen doğrusal model ile yeni çizelgeler elde edilmiştir. Bu yeni çizelgeler geçmişte hazırlanan 12 aya ait çizelgelerle karşılaştırılmış ve toplam sapmalar (erkenlik ve geçlik değerleri) dikkate alındığında, önerilen yöntemin her seferinde daha az sapmayla çizelge oluşturduğu görülmüştür.

## KAYNAKÇA

- Babic, B.** 1999. "Axiomatic Design of Flexible Manufacturing Systems," International Journal of Production Research, vol. 37(5), p. 1159-1173.
- Baxter, J. E., Mckay, A., Agouridas, V., Pennington, A.** 2002. "Supply Chain Design: An Application of Axiomatic Design," Proceeding of Second International Conference on Axiomatic Design, June 10-11, Cambridge.
- Cochran, D. S., Reynal, V. A.** 1996. "Axiomatic Design of Manufacturing Systems," The Lean Aircraft Initiative Report Series, RP96-05-14.
- Choobineh, Fred F., Mohebbi, E., Khoo, H.** 2006. "A Multi Objective Tabu Search for a Single Machine Scheduling Problem with Sequence-Dependent Setup Times," European Journal of Operational Research, vol. 175, p. 318-337.
- Coleman, J. B.** 1992. "Technical Note: A Simple Model for Optimizing the Single Machine Early/Tardy Problem with Sequence Dependent Setups," Production and Operations Management, vol. 1(2), p. 225-228.
- Cotoia, M., Johnson S.** 2001. "Applying The Axiomatic Approach to Business Process Redesign," Business Process Management Journal, vol. 7(4), p. 304-322.
- Durmuşoğlu M. B, Kulak, O.** 2008. "A Methodology for the Design of Office Cells Using Axiomatic Design Principles," Omega, vol. 36(4), p. 633-652.

8. **Eren, T., Güner, E.** 2007. "Sıra Bağımlı Hazırlık Zamanlı İki Ölçütlü Çizelgeleme Problemi: Toplam Tamamlanma Zamanı ve Maksimum Erken Bitirme," Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt 23 (1-2), p. 95-105.
9. **Gavett, W. J.** 1965. "Three Heuristic Rules for Sequencing Jobs to a Single Production Facility," Management Science, vol. 11(8), p. 166-176.
10. **Gunasekera, J. S., Ali, A. F.** 1995. "A Three-Step Approach to Designing a Metal-Forming Process," Journal of Management, vol.47 (6) p. 22-25.
11. **Houshmand, M., Jamshidnezhad, B.** 2002. "Conceptual Design of Lean Production Systems Through An Axiomatic Design," Proceedings of ICAD2002, second international conference on axiomatic design, Cambridge, p. 78-86.
12. **Kır, S.** 2011. "Sıra Bağımlı Hazırlık Zamanlı Tek Makineli Çizelgeleme Problemleri: Gıda Sektöründe Bir Uygulama," İstanbul Teknik Üniversitesi FBE Yüksek Lisans Tezi.
13. **Kulak, O.** 2005. "A Decision Support System for Fuzzy Multi-Attribute Selection of Material Handling Equipment," Expert Systems with Applications, vol. 29, p. 310-319.
14. **Kulak, O., Durmuşoğlu M. B, Tüfekçi, S.** 2005. "A Complete Cellular Manufacturing System Design Methodology Based on Axiomatic Design Principles," Computers and Industrial Engineering, vol. 48, p. 765-787.
15. **Ragatz, G. L.** 1993. "A Branch And Bound Method for Minimum Tardiness Sequencing on A Single Processor with Sequence Dependent Set Up Times," Proceedings of the 24th Annual Meeting of the Decision Science Institute, November 1993, New Orleans.
16. **Suh, N.P.** 1990. The Principles of Design, Oxford University Press, New York.
17. **Suh, N. P.** 2001. Axiomatic Design: Advances and Applications, Oxford University Press, New York.
18. **White, C. H., Wilson, R. C.** 1977. "Sequence dependent set up times and job sequencing," International Journal of Production Research, vol. 15, p. 191-201.
19. **Zadeh, A. L.** 1965. "Fuzzy Sets," Information and Control, vol. 8(3), p. 338-353.

## Ek 1. ÜRÜNLERİN HAZIRLIK ZAMANLARI

Gıda sektöründe yapılan uygulama çalışmasında, ele alınan üretim biriminde ürün değişimi esnasında maruz kalınan hazırlık süreleri Tablo 8'deki matriste görülmektedir.

Ürün No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	0,25	0,25	4	4	4	4	2	2	2	2	4	2	2	2
2	0,25	0	0,25	4	4	4	4	2	2	2	2	4	2	2	2
3	0,25	0,25	0	4	4	4	4	2	2	2	2	4	2	2	2
4	4	4	4	0	2	2	0,25	4	4	4	4	2	4	4	4
5	4	4	4	2	0	2	2	4	4	4	4	0,25	4	4	4
6	4	4	4	2	2	0	2	4	4	4	4	2	4	4	4
7	4	4	4	0,25	2	2	0	4	4	4	4	2	4	4	4
8	2	2	2	4	4	4	4	0	0,25	0,25	0,25	4	0,25	0,25	0,25
9	2	2	2	4	4	4	4	0,25	0	0,25	0,25	4	0,25	0,25	0,25
10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	0,25	4
11	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0	4	4	4	0,25
12	4	4	4	2	0,25	2	2	4	4	4	4	0	4	4	4
13	2	2	2	4	4	4	4	0,25	0,25	0,25	0,25	4	0	0,25	0,25
14	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,25	4	4	4	0	4
15	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	0,25	4	4	4	0