

## BEKLEME HATTI MODELİYLE SERVİS SİSTEMİNİN ANALİZİ: DÜZCE ÜNİVERSİTESİ MERKEZ YEMEKHANESİ ÖRNEĞİ

Doç. Dr. Mehmet Selami YILDIZ\*  
Hakan Murat ARSLAN\*\*

### ÖZ

*Bu çalışmada, bekleme hattı modeli ile Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi'nde öğrencilerin yemek kuyruğunda bekleme sürelerine ilişkin veriler incelenmiş ve sistemin ortalama performansı hesaplanmıştır. Veriler Düzce Üniversitesi Sağlık, Kültür ve Spor Dairesi Başkanlığı'ndan alınmıştır. Analizler sonucunda yemekhanede var olan iki turnikeli yemek alma sisteminin ortalama performansının (doluluk oranının) % 45 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca işletmeye, personel planlama ve sıramatik işletim sistemi konusunda, bir takım önerilerde bulunulmuştur.*

**Anahtar Kelimeler:** Bekleme Hattı, Kuyruk Modeli, Yemekhane Hizmetleri  
**Jel Sınıflandırması:** C61, M10, M11

## ANALYSIS OF SERVICE SYSTEM WITH WAITING LINE MODEL: THE CASE OF DÜZCE UNIVERSITY CENTRAL REFECTORY

### ABSTRACT

*In this study, the data pertaining to the queuing of students at Düzce University Central Cafeteria have been analysed with the waiting line model and average performance of the system has been evaluated with the same data. The data have been obtained from the Directorate of Health, Culture and Sports of Düzce University. As a result of the analyses, the average performance of the two styles of taking food from the cafeteria system (occupancy rate) has been determined as 45%. In addition, some suggestions have been made about staff planning and operating queuematics.*

**Keywords:** Waiting Line, Queuening Model, Cafeteria Services  
**JEL Classification:** C61, M10, M11

\* Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, selamiyildiz@duzce.edu.tr

\*\* Düzce Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, h\_murat\_arslan@hotmail.com

## 1. GİRİŞ

Günlük yaşamda, kuyrukta bekleyen insanlar ve araçlar ile her zaman karşılaşılır. Kuyruk sistemlerine örnek olarak; maça gitmek için gişeden bilet almak isteyen sporseverlerin oluşturduğu bilet kuyruğu, hastanelerdeki hasta kuyruğu, bankalarda vezne önünde işlem yapmak için bekleyenlerin oluşturduğu kuyruk, büyük mağazalarda kasiyere ödemede bulunmak için sıra bekleyen müşteri kuyruğu, trafikte bekleyen araç kuyruğu ve üniversitelerdeki yemek kuyrukları verilebilir. Sözü edilen bu kuyrukların oluşumundaki temel neden, hizmet için gelen müşteri istemlerinin anında karşılanamamasıdır. Böylece kuyruk, sınırlı bir hizmet nedeniyle geciken bir bekleme dizisi (hattı) durumudur. Aynı durumla üretim sürecinde de karşılaşılır. Arızalı makinelerin onarım beklemesi, tüketicilerin ürün beklemesi, işletmeye başvuranların cevap beklemesi gibi durumlarda, beklemenin sorun oluşturması insanları bekleme problemlerinin çözümüne itmiştir. Bekleme hattı modeli de bu tür ihtiyaca karşılık olarak ortaya atılmış ve geliştirilmiştir (Öztürk, 2004: 426).

Sıra beklemenin söz konusu olduğu hizmet işletmelerinde, hizmet talebi tam olarak belli olmadığından, bu belirsizlik birbirine zıt iki durumu ortaya çıkarmaktadır. Bunlardan ilki, müşterilerin beklemesi ya da bekleme nedeniyle müşteri kaybı, ikincisi ise hizmet biriminin boş beklemesidir (Çevik ve Yazgan, 2008).

Bu sorunlara çözüm arayışları, bilimsel yöntem ve tekniklerinin kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Aksi halde, bekleme zamanını azaltmak ve müşteri kaybını önlemek amacıyla talebi anında karşılamak için hizmet kapasitesini artırmak, hizmet biriminin boş kalıp beklemesi durumunda işletmeye aşırı maliyet yükleyecektir.

Bekleme hattı modellerinde sistemin performansını ölçecek olan özelliklerin neler olabileceğini tespit etmek amacıyla, rastgele şartlar altında, hizmet araçlarının işleyişi üzerinde çalışmalar yapılır. Örneğin bir müşterinin, hizmet görmeden önce ne kadar süre bekleyeceğinin tahmini, modele ait performans ölçülerinden biridir. Bir diğeri, hizmet araçlarının kullanılma yüzdelerinin belirlenmesidir. İlk ölçü müşteriler açısından, ikincisi ise hizmet araçlarının kullanım derecesini geliştirme açısından sisteme yaklaşım tarzıdır (Özkan, 2005: 237).

Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinde ilk olarak bekleme hattı modeli ile daha önce yapılmış çalışmaların bir kısmı özetlenmiş daha sonra bekleme hattı kuramı genel hatları ile açıklanmıştır. En son olarak ta Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi'nin performansı bekleme hattı modeli ile analiz edilmiştir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Bekleme hattı problemleri beklemenin yaşandığı birçok işletmenin temel sorunlarından biridir. Araştırmacılar tarafından gerek üretim gerekse hizmet işletmelerinde bekleme modeli ile ilgili farklı

çalışmalar yapılmıştır. Hizmet işletmelerinde bekleme hattı modeli ile ilgili yapılan çalışmaların bir kısmı Tablo: 1 de ve yiyecek işletmelerinde yapılan çalışmaların bir kısmı da Tablo: 2’de verilmiştir.

**Tablo 1. Hizmet İşletmelerinde Bekleme Hattı Modeli İle İlgili Yapılan Çalışma Örnekleri**

Yazar(lar)	Tarih	Amaç	Sonuç
Hillier ve Lieberman	1990	Bir üretim işletmesinde tamir bakım planlamasında uygun bekleme hattı modeli kullanarak üretim işletmesinin performansının artırılmasına katkıda bulunmak.	Bu üretim işletmesinde gelişlerin üstel dağılıma uygun olduğunu görerek, uygun bekleme hattı modeli önermiş ve işletmenin performansının artabileceğini göstermişlerdir.
Chen ve Henderson	2001	Bir çağrı merkezindeki optimum işçi sayısını belirlemek ve çağrı merkezine gelen çağrıların poisson dağılımına uygun gelişler olup olmadığını ölçmek ve ona göre bir model geliştirmek	Merkeze uygun bekleme hattı modelini belirleyerek optimum işçi sayısını belirlemişlerdir.
Borst	2001	Çoklu bekleme hatlarının olduğu çağrı merkezlerindeki personel ihtiyacını hesaplamak	Sunucular sahip oldukları yetenekleriyle tanımlanarak kendi yeteneklerine göre farklı bekleme hatlarından hizmet vermele-ri sağlanmıştır.
Yixin	2005	Bir elektronik ağ kullanan işletmede Aktif kuyruk yönetimi (AQM) tasarımını kullanmıştır. Bu tasarımın temeli müşterilerin bekleme maliyeti ile işletmenin servis işletim maliyetinin optimum seviyede tutulması ilkesine dayandırılmıştır.	Aktif kuyruk yönetimi (AQM) ile önerilen optimum çözüm sayesinde elektronik ağların istenen optimal dinamik davranışı kontrol edilebilmiştir
Akarçay	2008	Bir bankada kapasite kullanımının düşüklüğünü gidermek	Bekleme modeli ile bankada açık tutulan gişe sayısının ve işletmenin hizmet kapasitesinin düzenlenebileceği sonucuna ulaşılmıştır.
Ndreca	2009	Hava alanındaki yoğun trafiğin rahatlatılması için poisson dağılımına uygun kabul edilen uçak gelişlerinin matematiksel modellemesini yapmak	Ancak bu gelişlerin Poisson dağılımına uygun olmadığı durumlarda Bernoulli zamanlama prensipleri kullanılarak, hava alanındaki hava araçlarının beklemesine dair çözümler geliştirilmiştir.
Özdağoğlu ve diğ.	2009	Bir araştırma ve uygulama hastanesinde bekleme problemine simülasyon tekniğini uygulayarak çözüm bulmak	Bu simülasyonla hastaların acil servislere bekleme problemlerine çözüm bulmuş ayrıca hastaların acil servise başvurma nedenlerini ve doktor, hemşire görev planlarıyla ilgili işletmeye tavsiyelerde bulunmuşlardır.

**Tablo 2. Yiyecek İşletmelerinde Bekleme Hattı Modeli İle İlgili Yapılan Çalışma Örnekleri**

Yazar(lar)	Tarih	Amaç	Sonuç
Parkan	1987	Fast Food restoranda müşterilerin kuyrukla karşılaştıklarında kuyruktan ayrılma ve kuyruğa girmekten kaçınma davranışlarını açıklamak	Müşterilerin bekledikleri hizmet süresi ile almış oldukları hizmet süresine göre, kuyrukla karşılaşan müşterinin, davranışlarının şekillendiği belirlenmiştir.
Bertsimas ve Shioda	2003	İki tür model geliştirerek restoran gelirlerini maximize etmeye çalışmışlardır. Algılanan bekleme zamanı ile ortalama bekleme zamanını birbirine yakın değer haline getirmeyi amaçlamıştır.	Geliştirilen bu iki modelin mantığı da bekleme hattı modelleri ile örtüşerek, işletmenin gelir yönetimine ilişkin öneriler sunulmuştur.
Curin ve diğ.	2005	Tim Hortons'ın restoranında uygulanan çalışma, restoranın etkinliğini arttırmak için yapılmıştır.	Çalışmada servis sistemiyle ilgili senaryolar geliştirilmiş ve analiz sonucu işletmeye uygun olduğu düşünülen sistem önerilmiştir.
Chun-Hsiung Lan ve Kuo-Torng Lan	2006	Bekleme hattı modelini sadece servis kapasitesini ölçmek için değil aynı zamanda çalıştırılması gereken personel sayısını belirlemek için kullanmışlardır.	Sonucunda insan kaynakları yöneticilerine pratik ve test edilmiş öneriler sunmuşlardır.
Chun-Hsiung Lan, Chang ve Kuo	2010	Hızlı yiyecek içecek sektörü için rekabet edebilirlikte servis oranını arttırmanın önemine vurgu yapmak amaçlanmıştır.	Çalışmada servis işlevi oluşturmak için servis dinamikleri modellenerek en uygun simülasyon uygulanmıştır.
Choi Sin-Man	2010	Servis hizmetlerinin siparişi alma ve hazırlama gibi iki ana bölümden oluştuğunu düşünmüş, hazırlama aşamasının uzun sürmesi durumunda oluşacak bekleme problemini çözmek	Optimum fiyatlandırma sistemi ve çoklu stratejik oyun teorisi kullanarak oluşan bekleme probleminde çözüm önermiştir.
Dharmawirya ve Adi	2011	Restoranların uzun bekleme zamanları nedeniyle müşteri kaybetmemek için kapasitelerini arttırma yoluna gittiklerini belirtmiş ancak bunun müşteri kaybını engellemek için yeterli olmadığına vurgu yaparak matematiksel bir modelin gerekliliğini savunmuşlardır.	Çalışmada Little's teoremi kullanılarak işletmeye ilişkin veriler analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, hizmet yoğun işletmelerde kuyruk modellerinin kullanılmasının faydalı olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, genel olarak yiyecek işletmelerinde özelde ise üniversite yemekhanelerinde bekleme hattı modelini uygulayarak işletmenin performansını analiz etmektir. Yapılan literatür taramasında üniversite yemekhanelerinde bekleme hattı modeline yönelik çalışmalarının yeterince mevcut olmadığı tespit edilmiştir. Bu kapsamda, daha önce farklı sektörlerde birçok uygulaması yapılan bekleme hattı modeli, yiyecek sektöründe özellikle üniversite yemekhanelerinde uygulanmıştır. Araştırma bu yönüyle bekleme hattı modeli uygulama alanını genişleterek literatüre ve uygulamaya katkı yapmaktadır.

### 3. BEKLEME HATTI KURAMI

Yöneylem Araştırmaları ve Sistem Analizi disiplinlerinin en önemli yöntemlerinden biri olan bekleme hattı teorisinin ortaya çıkış tarihi, her iki disiplinden çok daha öncelere gider. Değişik çalışmalarda kuyruk teorisiyle ilgili ilk çalışma Danimarkalı mühendis Karl Erlang'a atfedilmektedir. Ancak bu alandaki ilk eser Johannsen'in 1907'de yazdığı "Bekleme Zamanları ve Telefon Etme Sayısı" (Waiting Times and Number Of Call) başlığını taşıyan makalesidir. Fakat Erlang'ın 1909'da başlayan bir dizi makaleleri kuyruk teorisi alanındaki çalışmaları hızlandıran ve etkileyen ilk eserlerdir (Timör, 2001: 434).

Erlang'ın 1909 yılındaki çalışmalarından bu yana işletmelerinde bu tür bekleme (kuyruk) problemleri ile karşılaşan yöneticiler bu problemin giderilmesi için birçok model geliştirmişlerdir. Bu modellerin temelinde müşterilerin bekleme maliyeti ile işletmenin servis maliyetinin optimum seviyede tutulması amaçlanmaktadır. Bekleme, müşteriler ve işletme açısından ayrı ayrı maliyet oluşturduğundan her iki tarafında üzerinde durması gereken önemli bir konudur.

Günümüzde bekleme hattı teorisi, yöneylem araştırmalarının ve olasılık teorilerinin geniş bir alt kümesi olarak kabul edilmektedir. Bunun yanında bilgisayar sistemleri ve bekleme hattı teorisindeki gelişmeler bu teorinin bilgisayar sistemlerinde de kullanımının yaygınlaşmasına neden olmuştur (Gunther, 2011: 18–19).

#### 3.1. Bekleme Hattı Terimleri

Bekleme problemleri, yapılmakta olan işin geliş debisi ile sürecin servis debisi arasında uyum birliği sağlamaktan doğmaktadır. Bekleme problemlerinin yapısını anlamak ve günlük yaşama uygulayabilmek için kuramla ilgili temel kavramları bilmek gereklidir. Bazı temel kavramlar aşağıda açıklanmıştır (Taha, 2002: 618, Doğan, 1995: 429–430, Walter, 1978: 244) :

**Müşteriler:** İşlerinin görülmesi için servis sistemine gelen, araçlar, kişiler, gereçler, hammadde ve makinelerdir.

**Kuyruk:** Servis için beklemekte olan müşteri sayısıdır.

**Geliş Özellikleri:** Müşterilerin servis sistemine gelişleri türlü özellikler gösterebilir. Müşterilerin gelişleri bazen kontrol edilebilir bazen de kontrol edilemez. Ayrıca müşterilerin gelişleri belirli bir zamanda tek kişi veya gruplar halinde olabilir.

**Kuyruk Disiplini:** Servis istasyonunun, servis için müşteri seçiminde koyduğu ve uyguladığı politikalara servis disiplini denir. Servis için gelen müşteriler kuyruğa girdiğinde belirli bir zamanda servise girmeleri servis disiplinince belirlenir. Servis disiplininde kullanılan standart kural, ilk gelen ilk hizmet görür kuralıdır. Önce sıra alanlar kuralı, rastgele seçim kuralı, hizmetin ivedilik özelliği kuralı, son gelen servis görür kuralı, en kısa servis zamanı gerektiren işler için gelenler servis görür kuralları da kuyruk disiplininde kullanılır.

**Servis Olanaklarının Yapısı:** Servis olanaklarının fiziksel düzenlenmesi türlü özellikte olabilir. Genellikle servis olanaklarının düzenlenmesinde tek kanallı ve çok kanallı şekilde bir ayırım düşünülür.

### 3.2. Bekleme Modellerinde Kullanılan Temel Notasyonlar ve Formüller

Bekleme sistemlerinde kullanılan birçok bekleme modeli bulunmaktadır. Bu modellerde kullanılan notasyonlar modelin yapısına göre değişmektedir. Bu çalışmada genel bir bekleme modelinin notasyonları açıklanacaktır. Diğer modellerde kullanılan notasyonlara çalışmada yer verilmemiştir. Bekleme modellerinin uygulanmasında kullanılan notasyonlar ve anlamları aşağıda verilmiştir (Taha, 2002: 619, Doğan, 1995: 430, Tekin, 2008: 335–336):

**Ortalama kuyruk uzunluğu ( $L_q$ ):** Servis görmek üzere beklemekte olan müşteri sayısıdır.

**Sistemdeki ortalama müşteri sayısı ( $L_s$ ):** Servis görmekte olan ve kuyrukta bekleyen müşteri sayısıdır.

**Geliş oranı ( $\lambda$ ):** Zaman birimi başına müşterilerin kuyruk sistemine geliş sayısıdır. Gelişler arası süre ise müşterilerin gelişlerine göre aradaki geçen süredir.

**Servis oranı ( $\mu$ ):** Zaman birimi başına servis sayısıdır. Servis süresi, bir servisi gerçekleştirmek için gerekli olan zamandır.

$$\begin{aligned}\rho &= \text{Sistemin ortalama kullanımı} \\ &= \frac{\lambda}{s\mu}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_q &= \text{Hatta ortalama bekleme süresi} \\ &= \frac{L_q}{\lambda}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W &= \text{Hizmet dâhil olmak üzere sistemde harcanan ortalama süre} \\ &= W_q + \frac{1}{\mu}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}L &= \text{Hizmet sistemindeki ortalama müşteri sayısı} \\ &= \lambda W\end{aligned}$$

### 3.3. Kuyruk Sistemlerindeki Maliyet Yaklaşımları

Günümüzde işletmelerin en önemli sorunlarından birisi müşterilerine etkin bir servis sistemi yönetimini oluşturamamaktır. Bekleme hattı modelleri bu konuda yöneticilere oldukça yararlı olabilmektedir. Hizmet için gelen müşteriler istemlerinin bir an önce karşılanmasını isterler. Çünkü müşteriler fazla beklediklerinde psikolojik bir tedirginliğe girdikleri gibi zamanlarını boşa harcamalarının da bir maliyeti söz konusudur. Müşteriler gereğinden fazla bekletildiğinde, büyük bir olasılıkla, işletme müşterilerinin birçoğunu kaybedecektir. Öte yandan yönetici, müşterilere hizmet veren personelin sayısını da düşünmek zorundadır. Fazla sayıda personel kullanımı işletmeye ek maliyetler getirir. Yö-

netici servis maliyetlerinin düşük olmasını isterken servisin niteliğini yükseltmeyi ve müşterilerin bekleme zamanını da en düşük düzeyde tutmayı amaçlamalıdır. Böylece, işletmenin yararları ile müşterilerin yararlarını çatıştırmayan bir ekonomik dengeye ihtiyaç duyulur. İşte bu ekonomik denge, yani bir anlamda müşterilere en iyi ve en etkin servis sağlama, ancak bekleme hattı modelleri ile gerçekleştirilir (Şahin, 1996: 255–256).

Bekleme hattı sistemlerinde işletme maliyetlerinin önemli bir yeri vardır. Burada iki türlü maliyet söz konusudur. Bunlardan birisi müşterilerin bekleyişlerinden dolayı oluşan maliyet, diğeri ise hizmet olanaklarının boş kalışından dolayı oluşan maliyettir. Sisteme gelen müşterilerin büyük bir oranına hizmet verilmek istendiğinde, dalgalanmaları göz önünde bulundurmak için hizmet kapasitesini gereğinden fazla tutmak gerekmektedir. Bu uygulama bazen hizmet olanaklarının aylak (boş) kalmasına neden olur. Hizmet olanaklarının aylak kalışı ise müşteri olmamasından kaynaklanabileceği gibi, müşterilerin hizmet alımına kadar beklemeleri durumlarından ve müşterilerin gelişleri arasındaki zaman farklılaşmalarından da meydana gelebilir. Hizmete açık iken talep azlığından aylak kalan her hizmet noktasındaki işletme giderlerinin tümü, aylak kalış maliyeti olarak tanımlanır. Hizmet olanaklarının boş kalışından oluşan bu maliyet, hizmet kapasitesiyle doğru orantılıdır. Hizmet kapasitesi arttıkça aylak kalış maliyeti de artacaktır (Çevik ve Yazgan, 2008).

Taleplerin karşılanmasında bir darlık söz konusu olduğunda da, müşteriler hizmetlerinin görülebilmesi için beklemek durumunda kalmaktadırlar. Bu darlığın sebebi, olanakların azlığından veya olanakların düzensiz olmasından kaynaklanabilmektedir. Müşterilerin bekleyişleri, bir kaynak kullanılmama durumu olmasından dolayı, müşterilerin beklemesinden bekleme zamanı maliyeti oluşur. Bekleme zamanı maliyeti, hizmet kapasitesiyle ters orantılı olduğu için kapasite arttıkça bekleme zamanı maliyeti azalacaktır. Bekleme hattı sistemlerinin yapısında çeşitli hizmet tesisleri bulunabilmektedir. Bu hizmet tesislerinin kapasitelerinin gereğinden fazla olması durumunda tesislerin atıl kalacağı, az olduğu durumlarda ise müşterilerin uzun süre bekleyeceği açıktır. Sistemin atıl kalma durumu ve müşteri bekleme zamanları mümkün olduğu ölçüde en aza indirilebilirse sistemin etkinliği artırılmış olacaktır. Ancak, sözü edilen sistemin boş beklemesiyle müşterilerin bekleme hattında beklemesi olayları birbirleriyle ters orantılıdır. Bu durum bekleme hattı sistemlerinde karar sürecinin temel özelliğidir (Çevik ve Yazgan, 2008).

## **4. UYGULAMA**

### **4.1. Araştırmanın Metodolojisi**

#### **4.1.1. Araştırmanın Amacı**

Bu çalışmanın amacı Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi işletmesi servis sistemini, bekleme hattı modeliyle analiz ederek bekleme problemini belirlemek ve belirlenen problemlere yönelik alternatif çözümler geliştirmektir. Çalışmanın diğer alt amaçları şu şekilde sıralanabilir:

- Bekleme hattındaki belli zaman aralığındaki öğrenci sayısını belirlemek,

- Servis sistemiyle ilgili karar alma konusunda veri sağlamak,
- Kuyrukta bekleyenlerin belirli bir uzunluğu aşmaları koşuluyla en az bekleme ile hizmeti sunmak,
- Personelin turnike görevini ne zaman ve hangi sıklıkla bırakabileceğini saptamak,
- Personel planlaması yaparken uygulanan kuyruk modeli sonuçlarını kullanarak izin sistemini belirlemek,
- Turnikelerdeki görevlilerin işlerini ne zaman ve hangi sıklıkla bırakabileceği ile ilgili bir ölçüt belirlemek,
- Elektronik turnikelerin yapısının işletme için uygunluğunu tespit etmek.

#### **4.1.2. Araştırmanın Yöntemi**

Bu çalışma nitel araştırma yöntemlerinden örnek olay incelenmesi tekniğine göre desenlenmiş bir çalışmadır. Örnek olay yönteminde bir ya da daha fazla sistem, grup ya da çoğunluk hakkında belirli bir zaman aralığında sistematik bir araştırmanın sürdürülmesi ve analiz edilmesi esasına dayanır. Örnek olay çalışmaları genelleştirmeyi temel amaç olarak görmemektedir. Örnek olay çalışmasında seçilecek organizasyonun çalışılan konunun tipik olarak inceleneceği bir örgüt olması gerekmektedir. Ayrıca örnek olay çalışmalarında seçilecek organizasyonun ulaşılabilir olması da seçilecek organizasyonun belirlenmesi açısından önemlidir (Altunışık ve diğ., 2010: 309).

Seçilen işletmenin servis sistemi iki turnikeli çift kanallı bir sistem olup öğrencilere öğle yemeği hizmeti vermektedir. İşletmenin servis sisteminin yapısı ile bekleme hattı modelleri arasında benzerlik bulunmaktadır. Ayrıca çalışmada uygun bekleme hattı modelin yemekhane işletmesinde uygulanması düşünülmüştür. Bütün bu özelliklerin yanı sıra işletmenin kolay ulaşılabilirliği, verilerin toplanmasının kolaylığı göz önünde bulundurulduğundan Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi çalışma kapsamına alınmıştır.

#### **4.1.3. Veri Toplama Aracı**

Çalışmanın yöntemine ve amacına uygun olduğu düşüncesiyle veri toplama aracı olarak yüz yüze görüşme ve doküman incelemesi tekniklerinden yararlanılmıştır. Adi ve Dharmawirya (2011) çalışmasındaki, yemekhanelerde servis almak için gelen bir kişi için sunulan servisin süresini ve işletmeye gelen öğrencilerin sayısını, belirli zaman aralığında belirlemek amacıyla uyguladığı yöntem izlenmiştir.

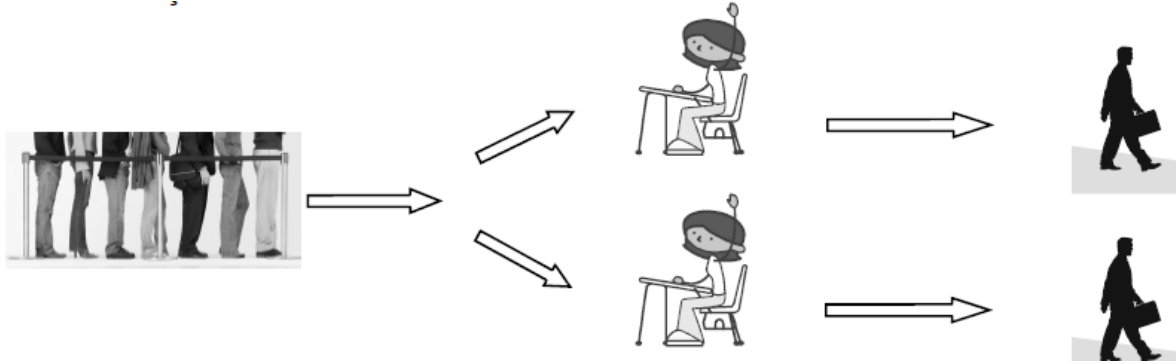
Benzer bir çalışmada Parkan (1987); sistemlerin analizi için gerekli değişkenlerle ilgili verilerin elde edilmesinde izlenen yöntem doğrultusunda öğrencilerin geliş süreleri, her bir öğrenci için gerçekleşen servis süresi, turnikelerde çalışan personel sayısı ve servis maliyetlerini belirlemeye yönelik ayrıntılı sorular düzenlenmiştir. Belirlenen sorular ile ilgili bilgiler, ilgili daire başkanlığı yöneticileri ile yapılan görüşmelerden elde edilmiştir.



## 4.2. Sistemin Tanımlanması ve Yapısı

Bu çalışmanın gerçekleştiği Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi turnikelerindeki kuyruk sistemi **Şekil 1'** de gösterilmiştir.

**Şekil 1. Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi Servis Alma Turnikesi Kuyruk Sistemi**



Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi turnikelerindeki kuyruk sistemi belirlenirken şu sıra izlenmiştir.

**1- Karar verici:** Sorunun karar vericisi Düzce Üniversitesi'nin Sağlık, Kültür ve Spor Dairesi Başkanlığıdır.

**2- Amaçlar:** Karar vericinin amaçları şunlardır:

- Kuyrukta bekleyenlerin belirli bir uzunluğu aşmaları koşuluyla en az bekleme ile hizmetin karşılanması,
- Personelin turnike görevini ne zaman ve hangi sıklıkla bırakabileceğinin saptanmasıdır.

**Karar değişkenleri:** Sorunların çözümü için turnikelere öğle yemeğine gelen öğrenci geliş zamanları ve öğrenci sayıları temel alınarak oluşturulmuştur.

**Durumun koşulları:** Sorunu etkileyen durumun koşulları şöyledir; Bir turnike görevlisi günde 2,5 saati yemek hizmeti sunarken, geri kalan 5,5 saatini de yemeklerin hazırlanmasına yardım ederek tamamlamaktadır. Maksimum hizmete açılabilir turnike sayısı iki ve öğle yemeği vaktinde açık bulunan turnike sayısı da ikidir.

## 4.3.Yemekhanedeki Turnike Sisteminin Yapısı ve Varsayımları

İlgili daire başkanlığından alınan verilerden gelişlerin günün saatlerine göre farklılık gösterdiği görülmüştür. Bu sistem yapısında, öğrencilere "İlk gelene ilk hizmet verilir" kuralıyla hizmet sunulmaktadır. Sistem, hafta sonu ve tatil günleri dışında öğlen 11.30 ile 14.00 saatleri arasında ve akşam 16.00 – 18.00 olmak üzere, günde toplam 4,5 saat hizmete açıktır. Bu çalışmada öğlen 11.30 ile 14.00 saatleri arasındaki sistemin performansı incelenmiş akşam 16.00 – 18.00 saatleri arasındaki sistemin analizi çalışma kapsamı dışında tutulmuştur. Sistemin servis kapasitesi, toplam kapasitenin kullanımı-

na kadar arttırılabilecektir. Bu kapasitenin üzerinde hizmet sunumu mümkün olmamaktadır. Kuyruk-taki öğrenciler bekleme zamanının uzun olması ya da başka nedenlerden dolayı sistemi terk edebilmektedir. Öğrencilerin sisteme gelişleri rassaldır.

Aşağıda Tablo: 3’ de; bir aylık zaman zarfında öğlen 11.30 ile 14.00 saatleri arasında yemek alan öğrenci sayıları ile ilgili bilgiler verilmiştir.

**Tablo 3. Turnikelere Saatler Bazında Kasım 2012 Ayındaki Toplam Öğrenci Gelişleri**

	11.30–11.40	11.40- 12.40	12.40- 14.00	Toplam
<b>Turnike 1</b>	<b>693</b>	<b>3125</b>	<b>1137</b>	<b>4955</b>
<b>Turnike 2</b>	<b>393</b>	<b>2818</b>	<b>65</b>	<b>3276</b>
<b>Toplam</b>	<b>1086</b>	<b>5943</b>	<b>1202</b>	<b>8231</b>

Aşağıda verilen Tablo 4 de; 22 günlük veri seti içinden 10 günlük rassal olarak seçilen verilere göre bir günde saatler bazında turnikelerden yemek alan ortalama öğrenci sayıları ayrıntılı olarak verilmiştir.

**Tablo 4. Turnikelere Saatler Bazında Kasım 2012 Ayındaki Ortalama Öğrenci Gelişleri**

	11.30–11.40	11.40- 12.40	12.40- 14.00	Toplam
<b>Turnike 1</b>	<b>23.10</b>	<b>104.16</b>	<b>37.90</b>	<b>165.17</b>
<b>Turnike 2</b>	<b>13.10</b>	<b>93.93</b>	<b>2.16</b>	<b>109.20</b>
<b>Toplam</b>	<b>36.20</b>	<b>198.10</b>	<b>40.06</b>	<b>274.37</b>

#### 4.4.Bekleme Hattının Kısıtları ve Hedef Fonksiyonu

Araştırma Düzce Üniversitesinin yemekhane işletmesine uygulanmıştır. Uygulama sonucu elde edilen veriler ve önerilen sistem işletmeye özgü olacağından genelleme yapma olanağı kısıtlıdır. Çalışma yapılırken verilerin görüşme tekniğiyle toplanması araştırma sonuçlarının ilgili daire başkanlığının verdiği bilgilerle sınırlı kalmasına neden olmuştur. Ayrıca öğrenci gelişleriyle ilgili verilerin 22 günlük (1 aylık) verilerle sınırlı olması araştırmanın bir diğer kısıtı olarak kabul edilmektedir.

Ele alınan hizmet sisteminin bir üniversite yemekhanesi olmasından dolayı, öğrencilerin beklemesi üniversite döner sermayesine ek bir maliyet getirmemektedir. Bu yüzden amaç fonksiyonu sadece hizmet noktalarının işletme maliyetinden oluşmaktadır,  $t$  anında açık tutulacak gişe sayısı  $c$  ve gişenin açık tutulma maliyeti  $M$  ise, sistemin minimize edilmesi amaçlanan toplam maliyeti;

$$\text{Min (TM)} = c \times M \quad (1)$$

#### 4.5. Verilerin Ön Analizi

Araştırmanın materyalini Düzce Üniversitesi'nin Sağlık, Kültür ve Spor Dairesi Başkanlığı'ndan alınan veriler oluşturmaktadır. Bir bekleme hattı sistemi olan Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi, sonsuz geliş kaynaklı, sonsuz kuyruklu çok kanallı bir modeldir.

Daire Başkanlığı hizmet sistemi bilgisayarlarından alınan **01.11.2012** ile **30.11.2012** arasında (çalışılmayan günler hariç) 22 günlük veri incelenmiş ve bu veri setinin içerisinde 10 günlük veri rassal olarak seçilmiştir.

Rassal seçilen 10 günlük veride birim zamanda gelen ortalama öğrenci sayısının Poisson dağılımına uyup uymadığı "Bir Grupta Kolmogorov- Smirnov Uyum İyiliği Testi" ile test edilmiştir. Gelişlerin dağılımı incelenirken ilk akla gelen bu dağılımın Poisson dağılımı olup olmadığıdır. Çünkü genellikle sonsuz kuyruklu çok kanallı Bekleme hattı modellerinde gelişlerin Poisson ve buna bağlı olarak da hizmet süresinin üstel dağıldığı kabul edilmektedir. Aşağıda verilen Tablo 5' de; ortalama ve varyansı hesaplamak için saatler bazında turnikelerden yemek alan ortalama öğrenci geliş sayısı, sıklık ve bu değerlerin çarpımı ve kuvvetleri verilmiştir.

**Tablo 5. Ortalama Öğrenci Gelişleri Dağılımı Tablosu**

Zaman( Saat )	Öğrenci Geliş Sayısı ( $M_i$ )	Sıklık (Dakika) ( $F_i$ )	$M_i.F_i$	$M_i^2.F_i$
11.30–11.40	36.20	10	362	13104.4
11.40- 12.40	198.10	60	11880.6	2354616.6
12.40- 14.00	40.06	80	3204.8	128384.288
<b>Toplam</b>	<b>274.36</b>	<b>150</b>	<b>15447.4</b>	<b>2496105.288</b>

$$\lambda = \frac{M_i F_i}{F_i} \quad (2)$$

$$\lambda = 102.982 \quad (3)$$

$$\sigma^2 = \frac{n \cdot (\sum M_i^2 F_i) - (\sum M_i F_i)^2}{n \cdot (n - 1)} \quad (4)$$

$$\sigma^2 = 104.754 \quad (5)$$

Yukarıda verilen (2) numaralı formül yardımıyla ortalama ( $\lambda$ ) hesaplanmıştır. (4) numaralı formül yardımıyla da varyans ( $\sigma^2$ ) hesaplanmıştır.

Poisson dağılımında ortalama ve varyans birbirini eşittir (Kesici ve Kocabaş, 1998: 72–73). Buna göre gelişlerin ortalaması 102.982 ve varyansı 104.754 olarak bulunmuştur. Bu iki değer yaklaşık olarak birbirine yakın olduğu söylenebilir. Ortalama ve varyansın birbirine eşit veya çok yakın olması gelişlerin Poisson dağılımına uygun olduğunu göstermektedir. Elde edilen veriler WinQSB paket programındaki kuyruk analizi modülü kullanılarak analiz edilmiştir.

#### 4.6. Servis Sistemi İle İlgili Parametrelerin Belirlenmesi

Sisteme ilişkin gelişler, servis süreleri ve maliyet parametreleri saat bazında belirlenerek sistemin performansını analiz etmek üzere ilgili programa belirlenen parametreler girilmiştir.

$\lambda$  = birim zamanda hizmet görmek için gelen öğrenci sayısı,  $\lambda = 274.36/2.5=109,744$  öğrenci/sa.  
 $\mu$  = zaman birimi başına hizmet gören öğrenci sayısı olmak üzere, bir öğrenci için hizmet süresi turnikeden geçme ve yemek alma işlemi dâhil 30 saniye olduğu yapılan gözlem ve ölçümlerden anlaşılmıştır. Buna göre  $\mu = 60*2= 120$  öğrenci / saattir.

Mevcut sistemin maliyet parametrelerini belirlemek için işletme yönetiminden maliyet değişkenleri olan elektrik, su, temizlik ve personel ücretleri ile ilgili veriler yapılan yüz yüze görüşme ve doküman incelemesi sonucu elde edilmiştir. Çalışmada hesaplamalara konu olan öğrencilerin öğle yemeği kuyruğundaki bekleme süreleri olduğundan ve elektrik, su ve temizlik giderlerinin üniversitenin ortak kullanım bütçesinden temin edildiğinden yalnızca maliyet değişkeni olarak personel ücretleri dikkate alınmıştır. Yemek alma turnikesinde çalıştırılan bir personelin yaklaşık 940 TL aylık maliyetinin olduğu belirlenmiştir. Bir turnike de 3 kişi görevlendirilmektedir. Bu durumda, maliyet parametreleri (Bir turnikenin birim zamanda açık tutulma maliyeti), bütün turnikeler için aynı ve  $M=16.03\text{TL/saat}$  olarak alınmıştır.

#### 4.7. Analiz Sonuçları

##### 4.7.1. Sistemin performans özeti

**Tablo 6. Yemek Alma sisteminin Performans Özeti**

Sistemin ortalama etkinliği (doluluk oranı)	<b>% 45,6000</b>
Sistemdeki ortalama öğrenci sayısı $L_s$	<b>1,1514</b> kişi
Bekleme hattındaki ortalama öğrenci sayısı $L_q$	<b>0,2394</b> kişi
Öğrencinin ortalama sistemde bulunma süresi $W_s$	<b>0,0105</b> saat
Öğrenci ortalama bekleme hattında bulunma süresi $w_q$	<b>0,0022</b> saat
Sisteme gelen bir öğrencinin bekleme olasılığı $P_w$	<b>% 28,5626</b>
Sistemde öğrenci olmama olasılığı $P_o$	<b>% 37,3626</b>
Sistemin bir saatlik meşgul olma maliyeti	<b>14,6194</b> TL

Sistemin bir saatlik boş kalma maliyeti	<b>17,4406 TL</b>
Sistemin bir saatlik toplam maliyeti	<b>32,0600 TL</b>

WinQSP paket programında ilgili veriler girildiğinde, sistemin ortalama etkinliği normal değerlerdedir, (yaklaşık % 45) olarak hesaplanmıştır. Ancak sistemin bir saat boş kalma maliyeti, bir saat dolu kalma maliyetinin yaklaşık 1,1 katı kadar olmuştur. Bununla birlikte kuyrukta bekleme olasılığı yaklaşık %28,5 olarak hesaplanmıştır.

Sistemin ortalama etkinliğini artırmak için iki olan servis kanalı kademeli olarak azaltılarak tekrar analiz edildiğinde, yani bir kanallı servis sistemi uygulandığında sistemin ortalama etkinliği (doluluk oranı) %91,2 olarak hesaplanmıştır.

#### **4.7.2. (11.30 ile 12.40) Saatleri Arasında Sistemin Ortalama Etkinliği ve Bekleme Olasılıkları**

**Tablo 7. Sistemin Ortalama Etkinliği ve Bir Öğrencinin Sistemde Bekleme Olasılığı**

<b>(11.30 ile 12.40) Saatleri arasında</b>	<b>1 TURNİKELİ</b>	<b>2 TURNİKELİ</b>	<b>3 TURNİKELİ</b>
Doluluk Oranı (Sistemin Ortalama Etkinliği)	%94.3	%83.61	%55.76
Öğrencinin Sistemde Bekleme Olasılığı	%30.22	%28.5	%19.05

Tablo 5’ de ki değerler üzerinden hesaplamalar yapıldığında hali hazır durumda 11.30 ile 12.40 saatleri arasında sistemin ortalama doluluk oranının %83.61 olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuca göre sistemin ortalama etkinliği oldukça yoğundur. 11.30 ile 12.40 saatleri arasındaki etkinliğini düşürmek için iki olan servis kanalı kademeli olarak arttırılarak yani üç olduğu düşünülerek tekrar analiz edildiğinde, sistemin ortalama etkinliği % 83.64’den % 55.76’ya düşmüş ve sisteme gelen bir öğrencinin bekleme olasılığı % 19.05 olmuştur. Bu değerler de normal değerler arasındadır. Tablo’ 7 de bir, iki ve üç turnikeli yemek alma sistemlerinde doluluk oranları ve bir öğrencinin sistemde bekleme olasılıklarının değişimi izlenebilmektedir.

## **5. SONUÇ VE ÖNERİLER**

İşletmenin öğrenci kaybetmesine, öğrenci sadakatinin olumsuz yönde etkilenmesine ve işletme hakkında olumsuz fikirlerin oluşmasına neden olan bekleme azaltmak ve bunu yaparken de işletme maliyetlerini optimum düzeyde tutmak işletme yöneticilerinin çözüme kavuşturması gereken önemli bir sorundur.

Düzce Üniversitesi Merkez Yemekhanesi işletmesinde gerçekleştirilen çalışmada yapılan analizler sonucunda, normal durumda sistemin iki servis kanalı çalışırken, ortalama etkinliği (doluluk oranı) yaklaşık % 45 olarak bulunmuştur. Bulunan bu etkinliğin düşük olmasından dolayı sistemin ortalama etkinliğini artırmak için iki olan servis kanalı kademeli olarak azaltılarak tekrar analiz edildiğinde (servis kanalı bir olduğunda) sistemin ortalama etkinliği % 91,2 olarak hesaplanmıştır.

Yemekhanede açık tutulan servis kanalı sayısının iki olması halinde sistemin kısmen etkin kullanımının sağlanabileceği ve servis kanallarının boş kalmasının işletmeye getirdiği maliyetin normal değerlerde olduğu anlaşılmaktadır.

Yapılan karşılıklı yüz yüze görüşmelerden anlaşıldığı üzere incelenen yemekhane planlanırken; üniversitenin artacak öğrenci sayısı azami ölçüde dikkate alınarak hizmetin aksamaması için günlük ortalama öğle yemeği yiyecek öğrenci sayısının tahmin edilerek bu doğrultuda önce bir adet yiyecek alma turnikesi kurulmuştur. Fakat zamanla artan öğrenci sayısına paralel olarak turnike sayısı ikiye çıkartılmıştır. Ancak analiz sonuçlarından açık olarak anlaşılıyor ki; özellikle 11.30 ile 12.40 arasında üçüncü yiyecek alma turnikesinin açılması, öğrencilerin istenenden daha uzun bekleme hattı oluşturmadan öğrenci memnuniyetini arttırmak açısından zorunlu görülmektedir.

Önerilen sistem her ne kadar belli bir zaman diliminin analiziyle elde edilmiş olsa bile işletme sisteminde iyileşme sağlayacağı düşünülmektedir. Çünkü analiz edilen zaman dilimi en yoğun saatler temel alınarak yapılmıştır ve buna rağmen 12.40 ile 14.00 saatleri arasında boş kalma sorunu ortaya çıkmıştır. Geliştirilen düşünce, problemi en yoğun zaman diliminde dahi  $\frac{1}{3}$  oranında azalmıştır. Aynı şekilde öğrencilerin kuyrukta bekleme olasılığı da yeteri miktarda düşmüştür. Bu sonuçları göz önüne alarak; önerilen sistemin, normal zamanlarda oluşacak talebi karşılamada ve sistemin daha etkin çalışmasında mevcut sistemden daha fazla işletmeye faydalı olacağı sonucu ortaya çıkar.

Ayrıca Q matik sisteminden ve sonuçlarından yemekhane işletmecilerinin yeteri kadar yararlanmadığı, sistemi sadece öğrencilerin sıraya konulması amacıyla kullandıkları anlaşılmaktadır. Oysa sistemden elde edilen bilgilerde öğrencilerin ne sıklıkla öğle yemeklerine katıldıkları; hangi gün, hangi menü çıktığı ve ne ölçüde tercih edilebildiği, öğrenci üniversitenin diğer hangi kampüslerinde yemeğe dâhil olduğu ve hangi yemekhanelerin hizmet performansının tercihi ve tercih edilme sıklığının tespiti kullanımdaki sıramatiklerle yapılabilir.

11.30 ile 12.40 saatleri arasında iki olan servis kanalı sayısı kademeli olarak artırılarak üçe çıkartılması fazladan personel istihdamını ortaya çıkartmayacaktır. Sadece o zaman aralığında mutfak kısmından üç kişilik bir ekibin yardımıyla bu iş yükü kaldırılabilir.

İşletmeye, bekleme hattı modeliyle yapılan analizde elde edilen; sistemin boş kalma süresi, boş kalma maliyeti, öğrencilerin bekleme olasılığı ve sistem etkinliği gibi sonuçların işletmede alınacak kararlar için veri kaynağı olarak kullanılması ve işletmeye ilgili alınacak kararlarda bu sayısal verilerden faydalanılması önerilmektedir.

Bu çalışmada öğrenci gelişlerinin poisson dağılımına uyduğu varsayımıyla analizler yapılmış ve sonuçları yorumlanmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda, üniversite yemekhanelerinde ki öğrenci gelişlerinin farklı dağılımlara uygunluğu varsayımıyla çalışmalar yapılabilir

## KAYNAKLAR

- Adi, E. ve Dharmawirya, M. (2011) “ Case Study for Restaurant Queuing Model”, International Conference on Management and Artificial Intelligence IPEDR, 7: 52–55.
- Akarçay, A. (2008) “Hizmet Üreten Sistemlerde Bekleme Hattı (Kuyruk) Modeli ve Bir Uygulama”, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tokat
- Altunışık, R., Coşkun, R., Bayraktaroğlu, S. ve Yıldırım, E. (2010) “ Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamalı” (Geliştirilmiş 6. Baskı), Sakarya Yayıncılık, Sakarya
- Bertsimas, D. ve Shioda, R. (2003). “Restaurant Revenue Management”, Operations Research, 51 (3), 472- 486.
- Borst, S. (2001) ”Robust Algorithms for Sharing Agents with Multiple Skills”, [http://www.chip.com.tr/forum/konu.asp? \(01.06.2007\), TOPIC\\_ID=23086](http://www.chip.com.tr/forum/konu.asp? (01.06.2007), TOPIC_ID=23086)
- Choi Sin-Man (2010) “Game Theory and Stochastic Queueing Networks with applications to service Systems”, The Degree of Master of Philosophy at The University of Hong Kong
- Chen, B. ve Henderson, S., (2001) "Two Issues in Setting Call Centre Staffing Levels", Annals of Operations Research
- Curin, Sara A., Vosko, Jeremy S., Chan, Eric W. ve Tsimhoni, O. (2005) “Reducing Service Time At A Busy Fast Food Restaurant On Campus, Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference
- Çevik, O. ve Yazgan E. (2008) “ Hizmet Üreten Bir Sistemin Bekleme Hattı Modeli İle Etkinliğinin Ölçülmesi”, Niğde Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi C.1: 119–128
- Doğan, İ. (1995) Yöneylem Araştırması Teknikleri ve İşletme Uygulamaları, Bilim Teknik Yayınevi İstanbul.
- Gunther, J.N. (2011) ” Analyzing Computer System Performance with Perl: PDQ”, (2th edition), Berlin
- Hillier, S. F ve Lieberman, J. G. (1990) “Introduction to Operations Research”, Fifth Edition, McGraw-Hill International Editions, 661–713
- Kesici, T. ve Kocabaş, Z. (1998) “Biyostatistik”, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Yayın No: 79, Ankara

- Lan, C.H .ve Lan, K. T. (2006) ”Model, Analysis and Applications of Employee Assignment for Quick Service Restaurant, Journal of Statistics Management Systems, 9 (1): 123–139.
- Lan, Chun-Hsiung, Chang, Chi-Chung ve Kuo, Mei-Pei (2010) ”Service System Under Service Pressure by System Dynamics Model, ProbStat Forum, 03, 5264.
- Ndreca, S (2009) “Queueing models for air traffic”, Doktora Tezi, Tor Vergata üniversitesi, Roma
- Özdağoğlu, A., Yalçınkaya, Ö. ve Özdağoğlu, G. (2009) “Ege Bölgesi’ndeki Bir Araştırma ve Uygulama Hastanesinin Acil Hasta Verilerinin Simüle Edilerek Analizi”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8 (16): 61–73.
- Özkan, Ş. (2005) ”Yöneylem Araştırması Nicel Karar Teknikleri”, Nobel Yayın Dağıtım, 1. Baskı, Ankara.
- Öztürk, A. (2004) “Yöneylem Araştırması”, 9. Baskı, Ekin Kitabevi, Bursa
- Parkan, Ç. (1987) ”Simulation of a Fast-Food Operation Where Dissatisfied Customers Renege”, The Journal of the Operational Research Society, 38 (2): 137–148
- Şahin, M. (1996) ”Üretim yönetimi”, Eskişehir
- Timör, M. (2001) ”Yöneylem Araştırması ve İşletmecilik Uygulamaları”, İst. Ün. İşletme Fak. Yayınları no: 40, İstanbul
- Taha, H. (2002) “Yöneylem Araştırması”, 6. Basımdan Çeviri, Literatür Yayıncılık: 618, İstanbul
- Tekin, M. (2008 ) Sayısal Yöntemler, Konya.
- Walter, C. G. (1978) ”Queueing:Basic Theory and Applications”, Grid inc.,Ohio , Columbus
- Yixin, C. (2005) “Functional Optimization Models for Active Queue Management”, Department of Computer Science & Engineering, Washington University Research, 1: 7