

# ***GELİR YÖNETİMİNDE ÇOKLU ÜCRET SINIFININ KAPASİTE TAHSİSİ: DEMİRYOLU YOLCU TAŞIMACILIĞINDA BİR UYGULAMA***

**Özlen ERKAL SÖNMEZ**

İ.Ü. Mühendislik Fak., Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Şakir ESNAF**

İ.Ü. Mühendislik Fak., Endüstri Mühendisliği Bölümü

## **ÖZET**

Kapasite tahsisi, gelir yönetiminin temel bileşenlerinden biridir. Çoklu ücret sınıfının varlığında koltuk stoğu yönetimindeki temel problem, yüksek ücretli sınıflar için koruma seviyelerini; düşük ücretli sınıflar için ise rezervasyon limitlerini optimal (maksimum) gelir eldesini sağlayacak şekilde belirleyebilmektir. Böylelikle, sınırlı kapasitenin en uygun şekilde dağıtımı, iç içe geçmiş bir yapılanmanın (nested structure) içinde planlanabilir.

Bu çalışma, demiryolu yolcu taşımacılığında tek kaynaklı kapasite tahsis problemine örnek olmak üzere; Türkiye Devlet Demiryolları resmi internet sitesinden (tcdd.gov.tr) edinilen ‘2012 Yılı Ücret Tarifesi’ kullanılarak oluşturulmuştur. Bahsi geçen tarife, belirli bir hat üzerinde işlemekte olan sabit kapasiteli hızlı tren için dört temel ücret sınıfına indirgenmiştir. Her bir sınıfa ait rezervasyon limiti hesaplamaları için; EMSR-a ve EMSR-b sezgisel yöntemlerinin her ikisi de kullanılmış ve bu iki metodun her biri için hızlı trenin koltuk stoğu problemine çözüm oluşturacak birer kapasite tahsis modeli sunulmuştur. İki yöntemden hangisinin söz konusu problem için daha iyi sonuç verdiği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gelir yönetimi, Kapasite tahsisi, Beklenen Marjinal Koltuk Geliri, Rezervasyon limiti, Koruma seviyesi

***CAPACITY ALLOCATION OF MULTIPLE FARE CLASSES IN  
REVENUE MANAGEMENT: AN APPLICATION OF RAILWAY  
PASSENGER TRANSPORTATION***

**ABSTRACT**

Capacity allocation is one of the key components of revenue management. In the presence of multiple fare classes, the basic problem in seat inventory control is to determine the protection limits for higher fare classes and the reservation limits for lower ones in such a way to obtain optimum (maximum) revenue. Hence, it would be possible to make the appropriate plan for allocating finite capacity of this nested structure.

Being an example of single-leg capacity allocation problem on railway passenger transportation, this study is constituted by the data of ‘Year 2012 Fare Tariff’ which is obtained from the official web site of Turkish State Railways (tcdd.gov.tr). The beforementioned fare tariff is reduced to four basic fare classes for the fast train which is operating on a specific line with its limited capacity. Both EMSR-a and EMSR-b heuristic methods are used for calculating the reservation limits of each fare class and a capacity allocation model is proposed for each method as a solution for the seat inventory problem of the fast train. It is shown that which one of these two methods proposes better solution for the current problem.

**Key words:** Revenue (Yield) Management, Capacity allocation, Expected Marginal Seat Revenue, Reservation limit, Protection limit

## GİRİŞ

Gelir yönetimi; zamana ait geçerliliği ihlal edildiğinde kullanılamayacak olan (bozulabilir) bir stok kapasitesinin (uçaktaki koltuklar, oteldeki odalar, bir araç kiralama şirketindeki araçlar vb.) ne kadarının, hangi müşteri segmentine, hangi fiyattan satılmasının uygun olacağına karar verme tekniklerini içeren ve gelirin maksimum kılınmasını hedefleyen teknikler bütünüdür (Bharill ve Rangaraj, 2008: s.1195). Gelir yönetimi teknikleri; dalgalanan talep yapısının, bozulabilir nitelikte stokların oluşturduğu sabit bir kapasitenin ve sınırlı bir satış sezonunun varlığında pek çok endüstri için önemli bir strateji haline gelmiştir.

Gelir yönetiminin genel anlamda üç temel bileşeni olduğu düşünülmektedir. Bunlar; kapasite yönetimi, dinamik fiyatlandırma ve kapasite üzeri rezervasyondur (Yiğit ve Esnaf, 2013: s.107). Bu çalışmanın araştırma alanına giren “kapasite yönetimi”, gelecek zamanda belirli bir hizmeti almak için yüksek fiyat ödemeye razı olacak müşterilerin talep olasılığını göz önünde bulundurarak; düşük fiyat ödeyecek müşterilere ayrılması gereken kapasite miktarının belirlenmesine yönelik problemleri kapsar. Diğer bir deyişle, kapasite yönetiminde -özellikle havayolu firmalarında- sıkça rastlanılan; daha geç yapılan yüksek fiyatlı rezervasyonlara kapasite ayırabilmek için, düşük fiyatlı rezervasyonların kısıtlanma durumu değerlendirilebilmektedir (Phillips, 2005: s.149). Farklı müşteri sınıflarının herhangi bir sebeple, belirli bir hizmeti almak için ödemeye razı olduğu bedelin birbirinden farklı olabileceği öngörüsüyle; farklılaştırılmış ücret sınıflarının varlığı belirli sektörler için normal karşılanmaktadır.

Bu çalışma, demiryolu yolcu taşımacılığında tek kaynaklı kapasite tahsis problemine örnek olmak üzere, çoklu ücret sınıfının varlığında gelirin maksimum kılınmasını hedeflemektedir. Çalışmanın birinci bölümünde, tek kaynaklı kapasite tahsis problemlerinin temel varsayımları ortaya konularak koltuk stoğu kontrolü ve örnek literatür çalışmaları sunulmuştur. İkinci bölümde çoklu ücret sınıflarının varlığında kullanılabilir Beklenen Marjinal Koltuk Geliri (Expected Marginal Seat Revenue – EMSR) yöntemlerinin iki çeşidi olan EMSR-a ve EMSR-b yöntemleri tanıtılmıştır. Üçüncü bölüm, çalışmanın uygulama kısmını oluşturmaktadır. Uygulamada; Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları resmi internet sitesi [tcdd.gov.tr](http://tcdd.gov.tr)'den alınan, Mayıs 2012 erişim tarihli, 2012 yılı ücret tarifesi kullanılmıştır. Ankara-Eskişehir arasında çift yönlü olarak işlemekte olan hızlı tren seferlerinin yalnızca tek yönlü hizmetine odaklanılarak kapsam daraltılmıştır. Ücret verisi, hızlı tren yolcularına hitap edecek şekilde dört temel ücret sınıfına indirgenmiş ve her bir sınıfın optimal rezervasyon limitleri hesaplanmıştır. EMSR-a ve EMSR-b sezgisel yöntemleri, yöntemlerin algoritmik mantığı içerisinde ele alınarak; her iki yöntem için birer kapasite tahsis modeli önerilmiştir. Son bölümde ise

çalışmanın genel bir değerlendirmesi yapılmış ve yöntemlerin, toplam gelir üzerinde yaratabileceği etki ile birbirlerine göre başarısı incelenmiştir.

## 1. KOLTUK STOĞU KONTROL PROBLEMİ

Tek kaynaklı kapasite kontrolü, tek bir kaynak için miktar tabanlı gelir yönetimi problemlerindedir. Özel olarak, bir kaynağın kapasitesinin değişik sınıflardan gelecek taleplere optimal şekilde paylaşılmasını hedefler. Günlük hayatta miktar tabanlı gelir yönetimi problemlerinden pek çoğu; çoklu kaynak (ağ) problemlerine örnek olsa da; bu problemlerin çözümü genellikle problemlerin bir dizi tek kaynaklı probleme indirgenmesiyle söz konusu olabilmektedir (Talluri ve Ryzin, 2005: s.27).

Gelir yönetiminde tek kaynaklı kapasite tahsis problemlerinden koltuk stoğu kontrol problemini ele alan çalışmalar için altı temel varsayım söz konusudur: 1) Rezervasyon sınıfları sıralı bir rezervasyon düzeni içermektedir. 2) Düşük ücretli sınıfa ait koltuklar, yüksek fiyatlılardan önce satılmaktadır. 3) Rezervasyon sınıfları arasında talebin bağımsızlığı gözetilir. 4) Rezervasyon iptalleri, rezervasyon iptali yapılmaksızın gerçekleşmemiş olan konfirme rezervasyonlar (no-show) ve kapasite üzeri rezervasyonun bulunmadığı varsayılır. 5) Sistem ağ etkisinden arındırılmıştır. 6) Grup rezervasyonları yapılmaz, her birey satın alma kararında özgürdür (Mcgill ve Ryzin, 1999: s.240). Ayrıca miktar tabanlı statik modellerde, değişik sınıflara olan talebin aynı zaman dilimine denk gelmediği varsayılır. Farklı sınıflara olan talepleri; bağımsız rassal sayılar oluşturur. Bunun dışında, belirli bir sınıfa olan talep miktarı, diğer sınıfların ulaşılabilir kapasite düzeyine de bağlı değildir (Talluri ve Ryzin, 2005: s.34). Beklenen geliri en üst seviyeye taşımak için; tam biletli yolcu talebinin koruma seviyesini aşma olasılığının; indirimli bilet/tam bilet ücret oranına eşitlenmesi gerektiğini söyleyen Littlewood kuralı, iki farklı ücret sınıfı varlığında; farklı sınıftan müşterilerin yer değiştirme maliyetlerini gözetererek; varsayımlar doğrultusunda etkin şekilde çalışmaktadır (Demiriz ve Demiriz, 2011: s.222).

Littlewood kuralı 1987 yılında Peter Belobaba tarafından geliştirilerek, ikiden fazla (çoklu) ücret sınıfının kontrolü için Beklenen Marjinal Koltuk Geliri (Expected Marginal Seat Revenue-EMSR) yöntemi oluşturulmuş ve çoklu ücret sınıfının varlığında optimal rezervasyon limitlerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. (Mcgill ve Ryzin, 1999: s.240). Takip eden yıllarda, bu çalışmasını temel alarak; Belobaba (1989) gelecek dönemlerdeki talebi tahminlerken ortaya çıkacak belirsizliği de içerecek şekilde EMSR modelini geliştirmiştir.

Çoklu ücret sınıfının varlığında, literatürde pek çok araştırmacı; tek kaynaklı koltuk stoğu kontrolü probleminin çözümü üzerine çalışmıştır. Bunlardan; Brumelle ve Mcgill (1990) ile Robinson (1995) çoklu ücret sınıfları için optimal rezervasyon limitlerinin belirlenebilmesi

amacıyla birer stokastik dinamik programlama modeli önermiştir. Brumelle ve McGill (1990) ayrıca, önerdikleri modelin sonuçlarını beklenen marjinal koltuk geliri (EMSR) metodu ile karşılaştırmış; kesikli ve sürekli talebin varlığında yöntemlerini sınamıştır. Wollmer (1992) ortalama geliri maksimize etmek üzere koltuk yönetimi politikası kapsamında her bir sınıf için kritik değer belirleyen bir algoritma üzerinde çalışmış; boş koltuk sayısının bu kritik değer üzerinde olması durumunda ilgili ücret sınıfı için müşteri rezervasyon taleplerinin kabul edilmesi gerektiğini savunmuştur. Bahsi geçen kritik değer, ücretin azalan bir fonksiyonu olup en yüksek fiyatlı sınıf için sıfır değerini almaktadır. Lee ve Hersh (1993) rezervasyon periyodunda verilmesi gereken kabul-red kararı üzerinde durarak; havayolu koltuk stoğu kontrolü için bir dinamik bir model sunmuştur. Sen ve Zhang (1999) rezervasyon periyodunu kısıtlı tutarak; rezervasyon limitlerini karar değişkeni olarak kullandığı bir model üzerinde çalışmış; Park ve Seo (2011) ise müşterilerin seçim davranışı üzerine odaklanarak arzu ettiği fiyat sınıfından bilet bulamayan müşterileri davranışlarının toplam gelir üzerindeki etkilerini incelemiştir.

Arslan ve diğerleri (2015) sürekli bir zaman diliminde gelişlerin Poisson dağılıma uyduğu tek kaynaklı havayolu gelir yönetimi problemini ele almış; farklı bir olasılıklı yaklaşım içinde yeni bir model önererek “sürekli zaman – kesikli olay” programlama operatörü aracılığıyla değer (gelir) fonksiyonun işleyişini incelemiştir. Obeng ve Sakano (2012), talep bağımsızlığı söz konusu değil iken havayolu koltuk ve ücret stratejileri üzerine çalışmış ve havayolu firmaları tarafından ele alınan çeşitli indirim stratejilerini gözeterek kısıtlı bir gelir maksimizasyon modeli önermişlerdir. Gönsch ve Hassler (2014) CVaR (Conditional Value-at-Risk) temelli bir sezgisel yöntem sunmuş ve yeni yaklaşımın risk profilini değişik senaryolar dahilinde inceleyerek talep-kapasite dengesini irdelemiştir.

Literatürde; konu ile ilgili olarak demiryolu sektöründe yapılmış çalışmalar da mevcuttur. Wang ve Regan (2003) gelir yönetiminde ağ problemine örnek olacak şekilde; stokastik ve deterministik olmak üzere iki farklı sınıfa ait model önerisinde bulunmuştur. Ücret yapısı ve müşterilerin talebe duyarlılığının da dahil edildiği modelin, asimptotik optimalite gösterdiği ifade edilmektedir. Riss ve diğerleri (2006) Fransız demiryollarında işletilmekte olan yüksek hızlı tren için; etkinlik, servis kalitesi ve ulaşılabilirlik gibi finansal boyutu olan amaçlarla gelir artış amacını dengeleyecek yeni bir gelir optimizasyon aracı geliştirmişlerdir. İki seviyeli matematiksel modele dayanan bu araç; bünyesinde bir talep tahmin modeli ile bir müşteri davranış modelini beraber barındırmakta ve müşterinin satın alma davranışını ile rakiplerin fiyat tekliflerini göz önünde bulundurarak çalışmaktadır. Armstrong ve Meissner (2010) demiryolu sektöründe yük ve yolcu taşımacılığı üzerine yapılmış çalışmaları ve ilgili modelleri

derlemiş; bu alanda yapılacak akademik çalışmalara ihtiyaç duyulduğuna dikkat çekmiştir. Sato ve Sawaki (2011) Japonya'daki hızlı tren hatlarını, alternatif ulaşım şekilleriyle kıyaslamaya izin verecek bir dinamik programlama modeli önermişlerdir. Bu modele; rezervasyon iptalleri, rezervasyon iptali yapılmaksızın gerçekleştirilmemiş olan konfirme rezervasyonlar (no-show) ve kapasite üstü rezervasyon durumları da dahil edilmiştir. Çalışma kapsamında, çeşitli fiyatlama stratejilerindeki rekabet etkisini sergilemek üzere sayısal sonuçlar sunulmuştur. Aghaee ve Khedmatlo (2011) belirli bir hatta seyahat eden yolcuların tren Poisson dağılımına uygun şekilde geldiği dinamik bir gelir yönetimi modeli sunmuşlardır. Modelin güvenilirliğini test etmek için değişken ücret sınıflarının varlığındaki durumu, ücret sınıflarının sabit kaldığı durumla simülasyon yapılarak karşılaştırmış ve %95 güven aralığında sonuçları irdelemiştir. Du ve Yin (2011) sürekli rassal değişkenleri, kesikli rassal değişkenlere dönüştürerek; çok kaynaklı - çok sınıflı koltuk stoğu kontrol modelini geliştirmiştir. Espey ve Balakrishnan (2012) Kanada'da tahıl ve potas nakliyesinde kullanılan otoray filoları için bütünsel bir çalışma yaparak; mevsimsel gereklilikler sebebiyle değişen talebi karşılayabilmek ve otoray filosunun genişliğini tayin edebilmek amacıyla matematiksel bir model önermiştir. Otoray filoları için planlama dönemi bir yıl olarak tayin edilmiş ve talepteki değişimlere göre, verilerin aylık güncellemesi de yapılmıştır. 1 yıllık periyotta her bir ay için, otoray destinasyon sayıları, kullanılacak araç sayıları planlanarak; negatif gölge fiyatlı araç depolama alanlarının toplam maliyetler üzerinde azaltıcı etkisi ortaya konulmuştur.

## **2. BEKLENEN MARJİNAL KOLTUK GELİRİ (EMSR)**

Beklenen Marjinal Koltuk Geliri (EMSR), Littlewood Kuralı'nı temel alarak; çoklu ücret sınıfı problemini yaklaşık olarak tahmin etmeye dayanır. Gelir yönetiminde kullanılmakta olan sezgisel bir algoritma olup tek kaynaklı kapasite problemlerinin çözümü için kullanılabilir. EMSR'nin; EMSR-a ve EMSR-b yöntemleri olmak üzere iki temel çeşidi mevcuttur. EMSR-a, sınıfları kendi içinde oluşturduğu ikili kombinasyonlar halinde incelerken; EMSR-b ise sınıfları; ortalaması, standart sapması ve fiyatı hesaplanabilen yapay bir sınıf ile karşılaştırarak çözüme ulaşır. İki yöntem de birçok gerçekçi durumda optimal rezervasyon limitlerine yakın çözümler sunmakta ve genellikle optimal gelirin yüksek bir yüzdesini yakalayabilmektedir. Burada temel problem; yüksek ücretli sınıflar için koruma seviyelerini, düşük ücretli sınıflar için ise rezervasyon limitlerini, optimal gelir elde edilecek şekilde belirleyebilmektir.

## 2.1 EMSR-a

EMSR-a, Littlewood kuralını kullanan üst sınıfların her birine kıyasla; mevcut sınıftaki koruma seviyelerini hesaplama fikrine dayanır. Burada;

$y_j$ : j.sınıfa ait koruma seviyesi

$p_i$ : i.sınıfa ait ortalama ücret

$p_j$ : j.sınıfa ait ortalama ücret

$\mu_i$ : i.sınıfa ait ortalama talep

$\delta_i$ : i.sınıfa ait standart sapma

$F^{-1}$ : Talebin ters kümülatif dağılım fonksiyonu

$\phi^{-1}$ : Talebin standart ters kümülatif normal dağılım fonksiyonu olmak üzere ücret sınıfı sayısı

$j \geq 2$  iken  $y_j$  aşağıdaki denklemle hesaplanabilir.

$$y_j = \sum_{i=1}^{j-1} F^{-1} \left( \frac{p_i - p_j}{p_i} \right) \quad (1)$$

Her bir ücret sınıfı için taleplerin normal şekilde dağıldığı varsayımıyla, j.sınıfı için EMSR-a koruma seviyesi formülü aşağıda verilmiştir (Phillips, 2005: s.161).

$$y_j = \sum_{i=1}^{j-1} \mu_i + \delta_i \phi^{-1} \left( \frac{p_i - p_j}{p_i} \right) \quad (2)$$

## 2.2 EMSR-b

EMSR-b, ilave bir rezervasyondan sonra yerinden olan bir yolcunun; gelecekteki ücretlerin ağırlıklı ortalamasına eşit bir ücret ödeyeceğini varsaymaktadır. Gelecekteki dilimlerin tamamına ait taleplerin toplamına eşit bir talebi olan yapay birer sınıf ve gelecekteki rezervasyonlardan elde edilmesi beklenen ortalama ücrete eşit bir ücret oluşturulur. EMSR-b, yeri alınmış rezervasyonun beklenen ücretinin gelecekteki talebin beklenen ücretine eşit olduğunu varsaymaktadır.

EMSR-b algoritmasını formüle etmek için tüm sınıflara ait talebin i sınıfına ait talebin  $\mu_i$  ortalaması ve  $\delta_i$  standart sapması olan normal bir dağılım izlediğini varsayılır.  $j \geq 2$  diliminin başlangıcında iken  $b_j$  rezervasyon limiti hesaplanmaya çalışılır. Bu durumda, EMSR-b iki sınıf

probleminin çözüldüğü şekilde ilerler ve yapay sınıfa ait talebin; aşağıda sırasıyla formülleri verilen ortalama talep, ortalama ücret ve standart sapma ile normal dağıldığını varsayar.

$$\mu = \sum_{i=1}^{j-1} \mu_i \mu \quad p = \sum_{i=1}^{j-1} p_i \mu_i / \mu \quad \delta = \sqrt{\sum_{i=1}^{j-1} \delta_i^2} \quad (3)$$

“C” Kapasite limitini göstermek üzere; talebin normal dağıldığı durum için EMSR-b formülü aşağıda gösterildiği gibidir. Yalnızca iki ücret sınıfının varlığında, EMSR-b'nin Littlewood kuralına dönüşeceğini söylemek mümkündür. (Phillips, 2005 :s.162).

$$y_j = \min \left[ \mu + \delta \phi^{-1} \left( \frac{p - p_j}{p} \right), C \right] \quad (4)$$

$r_i$ , ilgili sınıfa ait rezervasyon limit değerini (tam sayıya yuvarlanmış halde) ve  $p_i$ ,  $i$ .sınıfa ait ücret değerini göstermek üzere; her iki yöntemde de toplam gelir aşağıdaki formülle hesaplanabilir.

$$G = \sum_{i=1}^j p_i r_i \quad (5)$$

### 3. UYGULAMA

Bu çalışma, gelir yönetiminde ikiden fazla ücret sınıfının mevcut olması durumunda, çoklu sınıf problemlerini yaklaşık olarak tahmin etmeye dayanan EMSR-a ve EMSR-b sezgisel yöntemlerinin demiryolu sektöründe bir uygulamasını içermektedir. TCDD'nin resmi internet adresi [tcdd.gov.tr](http://tcdd.gov.tr)'den Mayıs 2012'de edinilmiş ücret verileri kapsamında; ticari (internetli) ve ekonomik (internetsiz) kompartmanlarda hızlı veya normal trende yapılabilecek yolculuk için belirlenmiş tüm ücretlerinin gösterildiği genel ücret tarifesi Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3.1 TCDD 2012 Genel Ücret Tarifesi

Sınıflar	Ticari	Ekonomik
Tam Hızlı Tren Bilet Fiyatı	30 TL	20 TL
Tam Hızlı Tren Gidiş Dönüş Bilet Fiyatı	48	32
Öğrenci Hızlı Tren Bilet Fiyatı	24	16
Gazi Hızlı Tren Bilet Fiyatı	30	ÜCRETSİZ



Yaşlı İçin Hızlı Tren Bilet Fiyatı	24	16
Ekspres Tren Tur Bilet Fiyatı	30	20
Yataklı Tren Tur Fiyatı	30	20
Servis Kartlılar İçin Bilet Fiyatı	30	ÜCRETSİZ
Gazeteci	24	16
TSK Mensubu	24	16
Engelli	24	16
Personel	24	16

Tablo 3.1 TCDD 2012 Genel Ücret Tarifesi (Devamı)

<u>Sınıflar</u>	<u>Ticari</u>	<u>Ekonomik</u>
Grup üyesi	24	16
Diplomatik	25.50	17
Öğretmen	24	16
Çocuk	15	10
VIP	20	20
Servis Kartlı Yolcu	30	ÜCRETSİZ

Çalışmada, belirli bir hatta (Ankara-Eskişehir arası) tek yönlü olarak gerçekleştirilen hızlı tren seferine odaklanılmaktadır. Bu niteliği sağlayan hızlı tren yolculukları için benzer fiyatların aynı sınıf altında gruplandırıldığı özet bir ücret tablosuna ihtiyaç duyulmaktadır. Tablo 3.1’de ticari ve ekonomik düzeylerde, sınıflar arasında eşit hizmet fiyatını öngören ve tek yönlü hızlı tren yolculuğunda kullanılabilecek eş ücret değerleri aynı sınıfa dahil edilmiştir. Tablo 3.2’de uygulamaya dönük olarak Tablo 3.1’deki verilerden süzülerek oluşturulmuş özet bir ücret tarifesi bulunmaktadır.

Tablo 3.2 Tek Yönlü Hızlı Tren Seferleri İçin Özet Ücret Tarifesi

<u>Sınıflar</u>	<u>Ticari</u>	<u>Ekonomik</u>
Tam Hızlı Tren Bilet Fiyatı	30 TL	20 TL
Öğrenci, Öğretmen, Personel, Yaşlı, Engelli, Gazeteci, TSK Mensubu, Grup Üyesi Hızlı Tren Bilet Fiyatı	24	16
Gazi ve Servis Kartlı Yolcular	30	ÜCRETSİZ

Diplomatik	25.50	17
Çocuk	15	10
VIP	20	20

Hızlı trenlerin tamamının internetli kompartmanlardan oluştuğu; dolayısıyla internetli kompartmanlara sahip biletlerin TCDD tarafından “ticari bilet” olarak adlandırıldığı bilinmektedir. Böylelikle çalışma kapsamında ticari bilet alımı yapacak müşteriler için alternatif olarak sunulmuş farklı fiyatları temsil edecek ve bu çalışma kapsamında göz önünde bulundurulması gereken 5 temel ücret sınıfı söz konusu olacaktır. Bu sınıflar yüksek fiyattan düşük fiyata doğru Tablo 3.3’te gösterilmektedir.

Tablo 3.3: Farklı Sınıflar Bazında Azalan Bilet Ücretleri Tablosu

<u>Sınıflar</u>	<u>Ticari Bilet Ücreti</u>
Sınıf 1	30 TL
Sınıf 2	25,5 TL
Sınıf 3	24 TL
Sınıf 4	20 TL
Sınıf 5	15 TL

Sınıflar, Tablo 3.2’deki grupları temsil etmektedir. Fiyatlar ve fiyatlara ilişkin sınıflar, yüksekten düşüğe doğru;

Sınıf 1: Tam Hızlı Tren Bilet Fiyatı, Gazi ve Servis Kartlı Yolcular (30 TL)

Sınıf 2: Diplomatik Amaçlı Seyahat Eden Yolcular (25,5 TL)

Sınıf 3: Öğrenci, Öğretmen, Personel, Yaşlı, Engelli, Gazeteci, TSK Mensubu,

Grup Üyesi Hızlı Tren Bilet Fiyatı (24 TL)

Sınıf 4: VIP Yolcular (20 TL)

Sınıf 5: Çocuk Yolcular (15 TL) şeklinde olacaktır.

Tablo 3.3’de Sınıf 5’i temsil eden ‘Çocuk Yolcu’ bilet fiyatlarının düşüklüğü; o bilet için yapılmış bir erken rezervasyona, herhangi bir dönemsel kampanyaya veya bu yolculuğun niteliğine bağlı değildir. Ayrıca çocuk yolcunun, bilet alma kararını bireysel olarak verebilmesi de söz konusu olmayacaktır. Bu sebeple Sınıf 5’in varlığı çalışmada ihmal edilmiştir. Satın alma kararının bireysel şekilde gerçekleşeceği durumu incelemek adına, Tablo 3.3’te yer alan,

Sınıf 3'e ait "Grup Üyesi Yolcu Hızlı Tren Bilet Fiyatı" da çalışma kapsamında ihmal edilmiştir. Ancak Sınıf 3'e dahil edilmiş farklı kategorilerden (Öğrenci, Öğretmen, Personel, Yaşlı, Engelli, Gazeteci, TSK Mensubu) diğer yolcuların varlığı sebebiyle; Sınıf 3'e ait bilet bedeli olan 24 TL'lik bilet seçeneği varlığını koruyacaktır. Son durumda uygulamaya dönük olarak kullanılacak dört temel ücret sınıfı belirlenmiştir. Dört farklı sınıfa ait bilet ücretleri, Tablo 3.4'te sunulmaktadır.

Tablo 3.4: Dört farklı sınıfa ait bilet ücretleri

<u>Ücret Sınıfı</u>	<u>Bilet Ücreti</u>
Sınıf 1	30 TL
Sınıf 2	25,5 TL
Sınıf 3	24 TL
Sınıf 4	20 TL

Uygulamada kullanılacak olan dört sınıf için, uzman görüşü yardımıyla edinilen veriler aracılığıyla hesaplanmış olan ortalama talep ve standart sapma değerleri Tablo 3.5'te sunulmaktadır. Hızlı tren kapasitesi 396 koltukla sınırlıdır.

Tablo 3.5 Ücret sınıflarının ortalama talep ve standart sapma değerleri

<u>Sınıf (j)</u>	<u>Ücret (p<sub>j</sub>)</u>	<u>Ortalama talep (m<sub>j</sub>)</u>	<u>Standart sp.(d<sub>j</sub>)</u>
Sınıf 1	30	55,4	18
Sınıf 2	25,5	59,2	19,4
Sınıf 3	24	110,8	32,3
Sınıf 4	20	170,6	42,4

Tablo 3.6'da EMSR-a yöntemine ait hesaplamalar detaylı şekilde gösterilirken, Tablo 3.7'de sınıflar arası toplam koruma seviyeleri ile her sınıfa ait rezervasyon limit değerleri sunulmuştur.

Tablo 3.6: EMSR-a hesaplama adımları

EMSR-a				
	$\frac{p_i - p_j}{p_i}$	$\phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$	$\delta_i \phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$	$\sum_{i=1}^{j-1} \mu_i \delta_i \phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$
y <sub>41</sub>	0,333333333	-0,430727299	-7,753091387	47,64690861

y <sub>42</sub>	0,215686275	-0,786845099	-15,26479493	43,93520507
y <sub>43</sub>	0,166666667	-0,967421566	-31,24771659	79,55228341
y <sub>31</sub>	0,2	-0,841621234	-15,1491822	40,2508178
y <sub>32</sub>	0,058823529	-1,564726471	-30,35569354	28,84430646
y <sub>21</sub>	0,15	-1,036433389	-18,65580101	36,74419899

Tablo 3.4 ve Tablo 3.5'te görülebileceği gibi farklı ücret sınıfları; biletlerin pahalı biletten ucuz bilet fiyatına doğru sıralandığı durumda, düşükten yükseğe sıralanırlar. Böylelikle 1.sınıf, en yüksek bilet fiyatlı olan düşük seviyeli sınıfı; 4.sınıf ise en düşük bilet fiyatlı olan yüksek seviyeli sınıfı temsil etmektedir.

y koruma seviyesini göstermek üzere  $y_{ij}$ ; i.sınıfın alt seviyesinde yer alan j.sınıfa karşı, i.sınıfın koruma seviyesini ifade eder. Örnek olarak  $y_{41}$ , 4.sınıfın, kendisinden daha alt seviyede yer alan 1. sınıfa karşı koruma seviyesi değerini göstermektedir. Tablo 3.6'da hesaplamaları verilmiş olan  $y_{41}$ ,  $y_{42}$ ,  $y_{43}$ ,  $y_{31}$ ,  $y_{32}$ ,  $y_{21}$  değerleri, belirli seviyeden sınıfların, kendi alt seviyelerindeki diğer sınıflar karşısındaki koruma seviyesini belirtmektedir. Tablo 3.7'de farklı seviyede yer alan sınıfların, kendi seviyeleri bazında toplam koruma seviyeleri görülebilmektedir. 4.sınıfın toplam koruma seviyesi değeri, 4.sınıfın kendi alt seviyesindeki tüm sınıflarla ikili karşılaştırmaları sonucu edinilen koruma seviyelerinin toplamı olarak  $y_4 = y_{41} + y_{42} + y_{43} = 171,134$  denklemi ile hesaplanmıştır. Benzer şekilde  $y_3 = y_{31} + y_{32} = 69,095$  değeri 3.sınıfın ve yalnız başına  $y_{21} = 36,744$  değeri ise 2.sınıfın toplam koruma seviyesini ifade etmektedir.

Farklı seviyelerdeki sınıflar bazında ayrı ayrı hesaplanmış toplam koruma seviyesi değerleri, düşük sınıftan yükseğe doğru sıralandığında ( $y_2$ ,  $y_3$  ve  $y_4$ ); sırasıyla, yüksek fiyatlı bilet sınıfından (düşük seviyeli sınıftan), düşük fiyatlı bilet sınıfına (yüksek seviyeli sınıfa) doğru rezervasyon limitini vermektedir. Bu durumda 1.sınıfın rezervasyon limiti  $r_1$ : 36,744; 2.sınıfın rezervasyon limiti  $r_2$ : 69,095 ve 3.sınıfın rezervasyon limiti  $r_3$ : 171,134 olacaktır. 4.sınıfın koruma seviyesi ise kapasiteden; diğer seviyelerin toplam rezervasyon limitlerinin çıkarılmasıyla bulunur. Bu durumda  $r_4 = 396 - (36,744 + 69,095 + 171,134) = 119,026$  olacaktır.

İlgili değerler Tablo 3.7'de görülebilmektedir.

Tablo 3.7: EMSR-a sonuç değerleri

Koruma Seviyeleri	Sınıflar bazında toplam koruma seviyeleri	EMSR-a rezervasyon limitleri
-------------------	---	------------------------------

y <sub>41</sub>		r <sub>1</sub>	36,744
y <sub>42</sub>		r <sub>2</sub>	69,095
y <sub>43</sub>	y <sub>4</sub> : 171,134	r <sub>3</sub>	171,134
y <sub>31</sub>		r <sub>4</sub>	119,026
y <sub>32</sub>	y <sub>3</sub> : 69,095		
y <sub>21</sub>	y <sub>2</sub> : 36,744	Kapasite	396

396 yolcu (396 koltuk) kapasiteli hızlı trende herbir sınıf için ayrılması gerektiği hesaplanan rezervasyon limiti değerleri; kendisine en yakın tam sayıya yuvarlanarak her bir sınıf için ayrılması önerilen koltuk sayısı elde edilmektedir. Böylece bilet ücreti olarak 30 TL ödeyen 1.sınıftaki yolcular için 37 koltuk, 25,5 TL ödeyen 2.sınıftaki yolcular için 69 koltuk, 24 TL ödeyen 3.sınıftaki yolcular için 171 koltuk ve 20 TL ödeyen 4.sınıftaki yolcular için 119 koltuk ayrılması önerilmektedir. Bu durumda EMSR-a ile bulunan toplam gelirin  $G_{EMSR-a} = 30 \times 37 + 25,5 \times 69 + 24 \times 171 + 20 \times 119 = 9353,5 TL$  olması beklenmektedir.

Benzer hesaplama adımları yürütülürken sınıfları kendi arasında karşılaştırmak yerine, her bir sınıfı; standart sapması ve fiyatı hesaplanabilen yapay bir sınıf ile karşılaştırarak da çözüme ulaşmak mümkündür. Bu durumda, detayları Tablo 3.8’de verilen EMSR-b algoritmasından bahsedilebilir.

Tablo 3.8 ve Tablo 3.9 ; Tablo 3.6 ve 3.7’ye benzer şekilde EMSR-b yöntemine ilişkin hesaplama adımlarını ve rezervasyon limiti sonuç değerlerini göstermektedir.

Tablo 3.8: EMSR-b hesaplama adımları

EMSR-b						
j=4 için						
	$\mu$					225,4
	P					25,86867791
	$\delta$					41,75703534
Sınıf	$\mu$	$\delta$	(p-p <sub>j</sub> )/p	$\phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$	$\delta\phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$	$\mu + \delta\phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$
4	225,4	41,75703	0,22686423	-0,74921359	-31,2849385	194,115061
j=3 için						
	$\mu$					114,6
	P					27,67539267
	$\delta$					26,4643156
Sınıf	$\mu$	$\delta$	(p-p <sub>j</sub> )/p	$\phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$	$\delta\phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$	$\mu + \delta\phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$
3	114,6	26,4643	0,1328036	-1,1132355	-29,4610177	85,1389822
j=2 için						
	$\mu$					55,4
	P					30

Sınıf	$\mu$	$\delta$	$(p-p_j)/p$	$\phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$	$\delta\phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$	$\mu + \delta\phi^{-1}\left(\frac{p_i - p_j}{p_i}\right)$
2	55,4	18	0,15	-1,03643338	-18,65580101	36,74419899

Tablo 3.8’de EMSR-b sezgisel algoritmasına ait hesaplama adımları yer almaktadır. Tablo 3.5’te verilen ve uzman görüşüne başvurularak edinilmiş bilgilere göre; her bir ücret sınıfının ortalama talep ve standart sapma değerleri mevcuttur. Bu bilgiler aracılığıyla her sınıf, kendi seviyesi için oluşturulabilecek yapay bir başka sınıfla karşılaştırılmaktadır.

Koruma seviyesi değerleri, pahalı bilet sınıfını temsil eden düşük sınıftan, ucuz bilet sınıfını temsil eden yüksek sınıfa doğru sıralandığında; yüksek fiyatlı bilet sınıfından (düşük seviyeli sınıftan), düşük fiyatlı bilet sınıfına (yüksek seviyeli sınıfa) doğru rezervasyon limitini vermektedir. Bu durumda 1.sınıfın rezervasyon limiti  $r_1$ : 36,744; 2.sınıfın rezervasyon limiti  $r_2$ : 85,138 ve 3.sınıfın rezervasyon limiti  $r_3$ : 194,115 olacaktır. Tren kapasitesinin 396 koltuk olduğu bilindiğine göre  $r_4 = 396 - (36,744 + 85,138 + 194,115) = 80,001$  olarak hesaplanabilmektedir.

Tablo 3.9: EMSR-b sonuç değerleri

EMSR-b rezervasyon limitleri	
$r_1$	36,744
$r_2$	85,139
$r_3$	194,115
$r_4$	80,001
Kapasite	396

396 yolcu (396 koltuk) kapasiteli hızlı trende her bir sınıf için ayrılması gerektiği hesaplanan rezervasyon limiti değerleri; kendisine en yakın tam sayıya yuvarlanarak her bir sınıf için ayrılması önerilen koltuk sayısı elde edilmektedir. Böylece bilet ücreti olarak 30 TL ödeyen 1.sınıftaki yolcular için 37 koltuk, 25,5 TL ödeyen 2.sınıftaki yolcular için 85 koltuk, 24 TL ödeyen 3.sınıftaki yolcular için 194 koltuk ve 20 TL ödeyen 4.sınıftaki yolcular için 80 koltuk ayrılması önerilmektedir. Böylelikle EMSR-b yöntemi  $G_{EMSR-b} = 30 \times 37 + 25,5 \times 85 + 24 \times 194 + 20 \times 80 = 9533,5TL$ ’lik bir gelir eldesi sunmaktadır.

Tablo 3.10’da EMSR-a ve EMSR-b yöntemleri ile hesaplanmış gerçek sonuç değerleri ile her bir sınıf için ayrılması önerilen koltuk sayısı değerleri toplu olarak gösterilmektedir. 396 koltuk kapasitesinin farklı ücret sınıfları arasında nasıl paylaştırılabileceği ve iki yöntemin sunacağı gelir eldesi değerleri birlikte görülebilmektedir.

Tablo 3.10: Dört ücret sınıfı için rezervasyon limitleri

	EMSR-a Gerçek Değer	İlgili sınıf için ayrılması önerilen koltuk sayısı (EMSR-a)	EMSR-b Gerçek değer	İlgili sınıf için ayrılması önerilen koltuk sayısı (EMSR-b)
r <sub>1</sub>	36,744	37	36,744	37
r <sub>2</sub>	69,095	69	85,139	85
r <sub>3</sub>	171,134	171	194,115	194
r <sub>4</sub>	119,026	119	80,001	80
<i>Gelir</i>		<i>9353-5 TL</i>		<i>9533,5 TL</i>

H, önerilen modelle bulunan kazancı; M, kıyas için kullanılan kazancı ve  $\Delta$ , iki model arasındaki farkın yüzdesini göstermek üzere iki yöntemin sonuçlarının karşılaştırılmasında kazanç farklarının yüzdesi aşağıdaki formül ile bulunabilmektedir.

$$\Delta = \frac{H - M}{H} \quad (6)$$

Demiryolu yolcu taşımacılığında gerçekleştirilen bu uygulama için, EMSR-b sezgisel metodunun, EMSR-a'dan daha iyi (daha yüksek gelir eldesini mümkün kılan) bir sonuç verdiğini görmek mümkündür. EMSR-b'nin EMSR-a'ya göre kazanç üstünlüğü  $\Delta = \frac{9533,5 - 9353,5}{9353,5} \times 100 = \%1,89$  civarında olacaktır.

## SONUÇ

Bu çalışma Ankara-Eskişehir, Eskişehir-Ankara arasında işletilmekte olan ve tamamı ticari (internetli) kompartmanlardan oluşan, 396 kişi (396 koltuk) kapasiteli hızlı trenin tek yönlü seferinde kullanılabilecek ücret verisi ele alınarak oluşturulmuş olup; miktar tabanlı gelir yönetimi problemlerinden tek kaynaklı kapasite tahsis problemine örnek oluşturmak üzere; demiryolu yolcu taşımacılığında koltuk stoğu kontrolü üzerine gerçekleştirilen bir gelir yönetimi uygulamasını içermektedir. Çalışma kapsamında, Beklenen Marjinal Koltuk Geliri (EMSR) sezgisel yöntemlerinin iki çeşidi olan EMSR-a ve EMSR-b sezgisel yöntemleri, çoklu ücret sınıfı varlığında algoritmik mantıkları çerçevesinde ele alınmış ve her bir ücret sınıfı için

optimum rezervasyon limitleri belirlenerek iki yöntem için de birer kapasite tahsis modeli önerilmiştir.

EMSR-a yöntemi, sınıfları kendi içinde oluşturduğu ikili kombinasyonlar halinde incelerken; EMSR-b ise sınıfları; ortalaması, standart sapması ve fiyatı hesaplanabilen yapay birer sınıf ile karşılaştırarak çözüme ulaşmaktadır. Bu nedenle EMSR-b yöntemi için, EMSR-a'dan farklı olarak; her biri ayrı ücret sınıfı için hesaplanmış ortalama ve standart sapma değerlerine de ihtiyaç duyulmuş ve bu değerler, ilgili sektörden uzman görüşüne başvurularak hesaplanmıştır. Yüksek fiyatlı bilet sınıfını temsil eden düşük (1.) sınıftan; düşük fiyatlı bilet sınıfını temsil eden yüksek (4.) sınıfa doğru bilet fiyatlarının ; sırasıyla 30 TL, 25.5 TL, 24 ve 20 TL olduğu hatırlatılarak; Tablo 3.10'daki sonuç değerleri yorumlanabilir. 396 koltuk kapasiteli hızlı trende EMSR-a yöntemine göre 1.ücret sınıfı için 37 koltuk, 2.ücret sınıfı için 69 koltuk, 3.ücret sınıfı için 171 koltuk ve 4.ücret sınıfı için 119 koltuk ayrılması gerektiği öngörülmekte; böylelikle toplam gelirin 9353,5 TL olması beklenmektedir. EMSR-b yöntemi ile ise 1.ücret sınıfı için 37 koltuk, 2.ücret sınıfı için 85 koltuk, 3.ücret sınıfı için 194 koltuk ve 4.ücret sınıfı için 80 koltuk ayrılması önerilmekte ve 9533,5 TL'lik bir gelir eldesi sunulmaktadır.

Günlük hayattaki uygulamalarda EMSR-b'nin, EMSR-a'ya göre daha çok tercih edilen ve genellikle daha iyi sonuç veren bir yöntem olduğu söylenebilir (Talluri ve Ryzin, 2005: s.48). Bu çalışma için yine EMSR-b sezgisel metodunun, EMSR-a'dan daha iyi (daha yüksek gelir eldesini mümkün kılan) bir sonuç verdiği görülmektedir. Ancak EMSR-b'nin EMSR-a'ya göre kazanç üstünlüğü yalnızca %1,89 civarında olacaktır.

28634 sayılı, 1 Mayıs 2013 tarihli Resmi Gazete'de yayınlanan “Türkiye Demiryolları Ulaştırmasının Serbestleştirilmesi Hakkında Kanun” ile birlikte; tıpkı sivil havacılıkta olduğu gibi, demiryollarında da özel sektörde faaliyet gösteren işletmelerin de kendi araç ve personelleri ile demiryolu yük ve yolcu taşımacılığı yapabilecek duruma gelmeleri ve rekabete dahil olmaları söz konusu olabilecektir. Bu çalışma TCDD ve özelleştirme sonrası pazarda yer arayan diğer firmalar için; demiryolu ücret tarifesi temel alınarak yapılabilecek koltuk stoğu kontrol problemlerinin çözümünde kullanılabilecek öncü bir çalışma niteliğindedir.



## KAYNAKÇA

AGHAEE M.P., KHEDMATLO S., 2011, *Designing a Dynamic Revenue Management Model (Case Study on Railway Passenger Transportation)*, **Transportation Research Journal**, 1, s: 61- 74

ARMSTRONG A., MEISNNER J., 2010, *Railway Revenue Management: Overview and Models*, **Lancaster University Management School**, s:1-23

ARSLAN M. A., FRENK J.B.G., SEZER S.O., 2015, *On the single-leg airline revenue management problem in continuous time*, **Mathematical Methods of Operations Research**, 81,s: 27–52

BELOBABA P., 1989, *Application of a probabilistic decision model to airline seat inventory control*, **Operations Research**, Vol.37, No:2, s: 183-197

BHARILL R., RANGARAJ N., 2008, *Revenue management in railway operations: A study of the Rajdhani Express Indian Railways*, **Transportation Research**, Part A 42, s: 1195–1207

BRUMELLE S. L., MCGILL I., OUM T. H., SAWAKI K., TRETHERWAY M. W., 1990, *Allocation of airline seats between stochastically dependent demands*, **Transportation Science**, 24(3), s: 183–192

DEMİRİZ A., DEMİRİZ H.N., 2011, *Fiyatlandırma ve Gelir Optimizasyonu*, **Scala Yayıncılık**, İstanbul, s:217-249

DU X-D., YIN M., 2011, *Seat Control Model Research on Railway Passenger Transport*, **Research Journal of Information Technology**, ISSN:1815-7432

ESPEY R.L., BALAKRISHNAN J., 2012, *A spreadsheet decision support optimization model for railcar storage at Canadian Pacific Railway*, **Journal of the Operational Research Society**, 63, 139–150.

GÖNSCH J., HASSLER M., 2014, *Optimizing the conditional value-at-risk in revenue management*, **Review of Managerial Science**, Vol.8, 495-521

LEE T.C., HERSH M., 1993 *A Model For Dynamic Airline Seat Inventory Control with Multiple Seat Bookings*, **Transportation Science**, vol 27, No:3, s: 252-265.

MCGILL J I., RYZIN G. J., 1999, *Revenue Management: Research Overview and Prospects*, **Transportation Science**, Vol.33, No.2, s: 233-256.

OBENG K., SAKANO R., 2012, *Airline fare and seat management strategies with demand dependenc*, **Journal of Air Transport Management**, 24, 42-48.

PARK C., SEO Y., 2011, *Seat Inventory Control for Sequential Multiple Flights with Customer Choice Behavior*, **Computers & Industrial Engineering**, 61, s: 1189–1199.

PHILLIPS R. L., 2005, *Pricing and Revenue Management*, **Stanford Business Books**, California, s:149-173.

ROBINSON L. W., 1995, *Optimal and approximate control policies for airline booking with sequential nonmonotonic fare classes*, **Operations Research**, 43(2), s: 252–263.

RISS M., COTE J.P., SAVARD G., 2006, *A new Revenue Optimization Tool for High-Speed Railway Finding the Right Equilibrium between Revenue Growth and Commercial Objectives*, **Montreal WCRR 2006 conference**.

SATO K., SAWAKI K., 2011, *Dynamic Pricing of High-Speed Rail with Transport Competition*, **Journal of Revenue and Pricing Management**, s: 1–12.

SEN A., ZHANG A. X., 1999, *The newsboy problem with multiple demand classes*, **IIE Transactions**, 31, s: 431–444.

TALLURI K.T. ve RYZIN G.J.V., 2005, *The Theory and Practice of Revenue Management*, **Springer**, Boston.

Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları (TCDD) resmi web sitesi, [tcdd.gov.tr](http://tcdd.gov.tr), Erişim tarihi: Mayıs 2012.

YİĞİT F., ESNAF Ş., 2013 *Gelir Yönetiminde Kapasite Üzeri Rezervasyon İçin Bir Karma Dinamik Model Önerisi*, **İ.Ü. İşletme Fak. İşletme İktisadı Enstitüsü Yönetim Dergisi**, Sayı:75, ISSN:1302-4221, s:105-120.

WANG X., REGAN A.C., 2003, *Discrete Allocation Models with Asymptotically Optimal Properties for Network Revenue Management*, **83<sup>rd</sup> Annual Meeting of the Transportation Research Board**, s:1-13.

WOLLMER R. D. , 1992, *An airline seat management model for a single leg route when lower fare classes book first*, **Operations Research**, 40(1), s: 26–37.

[www.resmigazete.gov.tr](http://www.resmigazete.gov.tr), Erişim tarihi: Mayıs 2015.