

## BANKAMATİK KASALARININ NAKİT YÖNETİMİ

Taha Yasin ÇELİK, Ezgi DOĞAN, Ece SANCI, Hannan TÜRECI, Murat KÖKSALAN\*, Sinan GÜREL

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara

koksalan@metu.edu.tr, gsinan@metu.edu.tr

### ÖZET

Bu çalışma Türkiye İş Bankası Alternatif Dağıtım Kanalları Bölümü ile birlikte yürütülmüştür. Çalışmanın amacı, bankanın nakit yönetim merkezlerinin bankamatikler için nakit ikmal kararı alırken faydalanabilecekleri bir karar destek sistemi geliştirmektir. Bu sistem ile atıl para maliyeti ve ikmal yapma maliyetinin oluşturduğu toplam maliyeti enazlarken, müşterilerin bankamatiklerden nakit taleplerinin yüksek oranda karşılanması hedeflenmektedir. Problemin çözümünde literatürde kullanılan envanter kontrol politikalarından yararlanılmıştır. Problem rassal ve durağan talebe sahip, çok dönemli ve periyodik gözden geçirmeli envanter problemi olarak modellenmiştir. Bu envanter probleminde, bağımsız ve koordineli ikmal olmak üzere iki çözüm yaklaşımı kullanılmıştır. Bağımsız ikmal modelinde her bir bankamatik diğer bankamatiklerden bağımsız olarak ele alınmıştır. Koordineli ikmal modelinde ise birbirine yakın konumlandırılmış bankamatikler birlikte düşünülmüştür. Bu iki çözüm yaklaşımı, bankanın bankamatik ağında bulunan üç çeşit bankamatik tipi için de uygulanabilir duruma getirilmiştir. Tüm bu çalışmalar, pilot bölge olarak belirlenen Rize Merkezi Vezne'ye bağlı 27 bankamatik üzerinde benzetim modelleri yardımıyla uygulanmıştır. Yapılan performans değerlendirmelerinde bağımsız ikmal modeli uygulandığında toplam maliyetin bankanın mevcut maliyetine göre %34,9, koordineli ikmal modeli uygulandığında %38,7 azaltılabileceği görülmüştür. Maliyetlerdeki bu iyileştirmenin yanında, gelen talebin %99,7'sinin karşılanması olarak belirlenen müşteri memnuniyeti kriteri de sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bankamatik kasa yönetimi, envanter kontrol politikaları, bağımsız ikmal modelleri, koordineli ikmal modelleri, recycler bankamatikler

### ATM CASH MANAGEMENT USING INVENTORY CONTROL POLICIES

#### ABSTRACT

This study is conducted with Türkiye İşbank Alternative Distribution Channels Unit. The objective of the study is to develop a decision support system for the ATM cash management decisions of the Cash Management Centers of İşbank. The aim is to minimize the total cost which is formed of the cost of idle money and the cost of replenishment, while maintaining a high level of customer service measured as the percentage of cash demand satisfied. We modeled the problem as a multi-period, periodic-review inventory control problem which has stochastic and stationary demand. Moreover, we develop two solution approaches. The first one is the independent replenishment model and the second one is the coordinated replenishment model. In the independent replenishment model, each ATM is considered independently from the others. In the coordinated replenishment model, on the other hand, the ATMs close to each other are considered as a group. These solution approaches are extended for all three types of ATMs existing in the ATM network of the bank. The study is implemented on 27 ATMs in the determined pilot region, Rize Central Cash Office, using simulation models. According to the performance comparisons, when the independent replenishment model is implemented, the current total cost of the bank can be reduced by 34.9%, whereas in the coordinated replenishment model, it can be reduced by 38.7%. The customer satisfaction criterion which is specified as satisfying 99.7% of daily demand is also met along with the improvement in the cost measure.

**Keywords:** ATM cash management, inventory control policies, independent replenishment models, coordinated replenishment models, recycler ATMs

\* İletişim yazarı

33. Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi Öğrenci Proje Yarışması'nda ikincilik ödülü kazanan çalışmanın ilgili öğretim üyelerinin katkılarıyla düzenlenmiş halini EM Dergisi yayın politikası doğrultusunda yayımlıyoruz.

## 1. GİRİŞ

Türkiye İş Bankası, tüm Türkiye'ye yayılmış geniş bir bankamatik ağına sahiptir. Bankamatik kasalarının bulundurulduğu nakit miktarı bankamatiğin etkinliği açısından önemli bir faktördür. Bankamatiklerde fazla nakit bulundurmamak, gecelik faiz kaybı nedeniyle atıl para maliyeti yaratmakta, az nakit bulundurmamak ise müşteri memnuniyetini azaltmaktadır. Bunun yanında, bankamatiklere yapılan para yükleme ve boşaltma işlemleri banka için yüksek maliyetli bir operasyondur. Bu operasyonlar, şube dışı bankamatikler için, bankanın nakit yönetim merkezlerine bağlı merkezi vezneler tarafından yapılmaktadır. Şubeye bağlı bankamatikler ise şube personeli tarafından yönetilmektedir.

Bankamatik kasa yönetiminde, atıl para maliyeti ve ikmal maliyetini ödünleştiren yüklenecek para miktarını ve ikmal sıklığını belirlemek kritik karardır. Müşterilerin yatırdığı parayı başka müşterilerin çekmesine olanak sağlayan, bu özelliği ile "recycler" adı verilen, yeni nesil bankamatik teknolojisi cihazlar sayesinde, kasa yönetiminde önemli ölçüde iyileştirme yapabileceği potansiyeli vardır. Paranın çevrimini sağlayarak operasyonel maliyetin azaltılmasını hedefleyen bu cihazların etkili bir şekilde yönetilmesiyle beklenen yararlar elde edilebilecektir.

Yapılan literatür araştırmalarında, nakit yönetimi problemlerine envanter problemlerine benzer yaklaşımlarda bulunulduğu görülmüştür. Bu alandaki ilk öncü çalışmayı Baumol (1952) nakit ile faiz getirisi olan finansal yatırımların arasındaki dengeyi sağlamak üzerine yapmıştır ve ekonomik sipariş miktarı (ESM) modelini kullanarak herhangi bir bireyin ne kadar nakit bulundurması gerektiğini ortaya koymuştur. Tobin (1956) ise Baumol'un çalışmasını genelleştirmiş ve sabit maliyetin yanı sıra dönüştürülen miktarla orantılı değişken bir maliyetin de var olduğunu varsaymıştır. Ayrıca, Tobin bireyin gelirlerinin de dahil edildiği bir çevrede çalışmıştır. Baumol ve Tobin'in geliştirdikleri modellerde talepler deterministiktir. İlk defa Miller ve Orr (1966) iki finansal varlık arasındaki bu dönüşümlerin rassal olduğunu varsaymıştır. Bu üç model temel alan çalışmalar daha sonraki yıllarda da devam etmiştir. Girgis (1968), Eppen ve Fama

(1968) ve Neave (1970) bu modeller üzerinde varyasyonlar yaparak farklı özellikler gösteren çevreler için çeşitli politikalar geliştirmişlerdir. Ancak bu politikalarda tedarik ön süresinin olmadığı varsayımı vardır. Bankamatiklerin kasa yönetimi üzerine olan bizim çalışmamızda ise bankamatiklere anında ikmal yapılması varsayımı gerçekçi değildir. Bankada, şube dışı ve Nakit Yönetim Merkezi tarafından yönetilen bankamatiklerin para miktarları her günün sonunda kontrol edilmekte, gerekli görülen bankamatikler için ikmal (para yükleme ya da boşaltma) kararı verilmektedir. Bu bankamatiklere ertesi gün içerisinde para yükleme/boşaltma işlemi gerçekleştirilmektedir. Şube bankamatikleri için de benzer bir yöntem izlenmektedir. Ancak, şube bankamatikleri için tedarik süresi ihmal edilebilir düzeydedir. Sistemin bu yapısına daha uygun olacak şekilde, problem rassal ve durağan talebe sahip, çok dönemli, periyodik gözden geçirmeli envanter problemi olarak modellenmiştir.

Çalışmamızda iki çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir. İlk çözüm yaklaşımı olan bağımsız ikmal modelinde, her bir bankamatik için ikmal kararı diğer bankamatiklerden bağımsız olarak verilmiştir. Bu modelde, gün sonunda her bir bankamatikte bulunan nakit seviyesi kontrol edilir. Para seviyesi önceden belirlenmiş zorunlu ikmal noktasının altında kalan bankamatikler için ikmal kararı verilir. İkmal kararı verilen bu bankamatiklerin para seviyeleri, tedarik süresi sonunda üst ikmal noktasına getirilir.

Para kupürleri bankamatiklerin içinde kasetlerde tutulur. Son teknoloji recycler cihazlar dışında, para yatırma özelliği bulunan bankamatiklerde sadece yatırılan paraların tutulduğu kasetler bulunmaktadır. Bu yatırma kasetleri için üst ikmal noktası hesaplamak anlamlı değildir. Bu tip bankamatikler için alt boşaltma noktası konulmuştur. Bu bankamatiklerdeki para seviyesi gün sonunda kontrol edildiğinde, para miktarı zorunlu boşaltma noktasını aşarsa boşaltma kararı alınır, tedarik süresi sonunda bu kasetler tamamen boşaltılır. Para çekme/ yatırmanın aynı kasetten gerçekleştirildiği recycler cihazlar için de özel politikalar geliştirilmiş ve böylece bağımsız ikmal modeli farklı prensipte çalışan bankamatiklerin hepsine uygulanabilir duruma getirilmiştir.

Bankamatik nakit yönetim operasyonları, sahada zırlı bir araç vasıtasıyla ekipler tarafından gerçekleştirilen yüksek maliyetli bir operasyondur. Bu operasyonların verimliliğini arttırmak için, sahadaki bankamatiklere ikmal kararı alınırken yakın mesafedeki diğer bankamatikleri de gözden geçirerek ikmallerini sağlayan bir politika önerilmektedir. Bu çözüm yaklaşımı koordineli ikmal modeli olarak adlandırılmıştır.

Koordineli ikmalde, birbirine yakın konumlandırılmış bankamatikler gruplanmıştır. Gruptaki herhangi bir veya birden fazla bankamatik için para seviyesi zorunlu ikmal noktasından düşük olduğu için ikmal kararı alınmışsa, para seviyesi zorunlu ikmal noktasının üstünde ancak belli bir noktanın altında olan diğer bankamatikler için de ikmal kararı alınır. Bu yeni nokta ikmal yapılabilir noktasıdır. Koordineli ikmal modelinde, iki tip maliyet kalemi olduğu düşünülür. Bunlardan ilki, bir gruba ziyaret gerçekleştirildiğinde oluşan tur maliyetidir. Tur maliyeti o grubun bulunduğu bölgeye sevkiyat için gidildiğinde oluşan sabit maliyettir. Bir gruptaki herhangi bir bankamatik için ikmal gerçekleştirildiğinde bu maliyete katlanılır. İkinci maliyet kalemi değişken ikmal maliyetidir. Bu maliyetin her bir bankamatik için de ikmal gerçekleştirildiğinde oluşan maliyete katlanılarak, para seviyesi ikmal yapılabilir noktasının altındaki bankamatikler için de ikmal kararı alınır. Bu özelliğiyle koordineli ikmal modelinin gerçek hayatta daha iyi yansıttığı düşünülmemektedir.

İkinci bölümde bankamatik kasa yönetimi sistemi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde bağımsız ve koordineli ikmal modelleri geliştirilmiş ve tüm bankamatik tipleri için uygulanabilir duruma getirilmiştir. Dördüncü bölümde, geliştirilen modeller pilot bir bölge üzerinde benzetim modelleri yardımıyla sınanmıştır. Benzetim modellerinden elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Beşinci bölümde, iki farklı senaryo analizi yapılmıştır. Son bölümde ise çalışmamızın sonuçları ve yorumları bulunmaktadır.

## 2. BANKAMATİK KASA YÖNETİM SİSTEMİ

Bankamatik kasa yönetimi, bankanın nakit yönetimi sisteminin bir parçasıdır. Nakit yönetimi sistemi İstanbul, Ankara ve İzmir’de bulunan üç adet nakit yönetimi merkezinin kontrolindedir. Bu merkezlere bağlı merkezi veznelere, şube dışı bankamatiklerin nakit yönetiminden sorumludur. Şube dışı bankamatiklerin ikmal kararları bu merkezi veznelere tarafından verilir. Şubeye bağlı (şube içi) bankamatikler ise yetkili şube personeli tarafından yönetilir.

Her günün sonunda şube dışı bankamatiklerin para seviyeleri, bağlı oldukları merkezi veznelere tarafından kontrol edilir. Gerekli görülen bankamatikler için para yükleme veya boşaltma kararı alınır. Ertesi gün içerisinde bu bankamatikler ziyaret edilir ve bankamatikteki para seviyesi belirlenen seviyeye getirilir. Şube içi bankamatiklerde ise yetkili şube personeli gerekli gördüğü durumlarda para yükleme veya boşaltma işlemlerini gerçekleştirir.

Para yükleme ve boşaltma kararları farklı bankamatik tipleri için değişkenlik gösterebilir. Bankanın bankamatik ağında üç tip cihaz vardır:

1) Düz Bankamatik: Bu cihazlar müşterilerin sadece para çekme işlemi yapabildiği bankamatiklerdir.

2) “Plus” Bankamatik: Bu cihazlar müşterilerin hem para çekebildiği, hem de para yatırabildiği bankamatiklerdir. Bu bankamatiklerde yatırılan ve çekilecek olan paralar farklı kasetlerde tutulur.

3) “Recycler” Bankamatik: Bu cihazlar da plus cihazlar gibi müşterilerin hem para çekebildiği, hem de para yatırabildiği bankamatiklerdir. Ancak, bu bankamatiklerde yatırılan ve çekilecek olan paralar aynı kasetlerde bulunur. Başka bir deyişle, bir müşterinin yatırdığı para bir başka müşteri tarafından çekilebilir.

Bu üç tip bankamatik için para seviyesindeki artış/azalış yönü farklılık gösterebilir. Örneğin, düz bankamatiklerden sadece para çekilebildiğinden, iki ikmal işlemi arasında geçen sürede para seviyesi azalacaktır. Aynı durum, plus bankamatiklerin para çekme kasetleri için de geçerlidir. Ancak plus cihazların para yatırma kasetlerine sadece para yatırılabilir.

Böylece, iki boşaltma işlemi arasında geçen sürede bu kasetlerdeki para miktarı artış gösterecektir. Recycler bankamatiklerde ise para seviyesi azalma eğiliminde olabileceği gibi artma eğiliminde de olabilir. Tüm bu farklılıklardan dolayı her bir bankamatik tipi için ayrı ikmal politikaları belirlenmesi gerekliliği doğmuştur. Bir sonraki bölümde, farklı cihaz tipleri için geliştirilen bağımsız ve koordineli ikmal modelleri anlatılacaktır.

### 3. ÖNERİLEN ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI

Yapılan literatür taraması sonucunda, bankamatik nakit yönetim probleminin rassal ve durağan talebe sahip, çok dönemli ve periyodik gözden geçirmeli envanter problemi olarak modellenmesinin yararlı olacağı görülmüştür. Bankamatiklerin envanter seviyeleri, nakit yönetimi personeli tarafından gün sonunda kontrol edildiğinden gözden geçirme periyodu bir gün olarak kabul edilmiştir. Bunun yanında, bankamatik'in konumundan bağımsız olarak tedarik süreleri şube dışı bankamatikler için yarım gün kabul edilirken, şube içi bankamatikler için tedarik sürelerinin olmadığı varsayılmıştır. Bir sonraki bölümde ilk olarak bağımsız ikmal modelini açıklayacağız.

#### 3.1 Bağımsız İkmal Modeli

Bu modelde, bankamatiklerin ikmal kararları diğer bankamatiklerden bağımsız olarak verilmektedir. Modelin zorunlu ikmal noktası ( $s$ ) ve üst ikmal noktası ( $S$ ) olmak üzere iki kontrol parametresi vardır. Her gözden geçirme periyodunun sonunda envanter seviyesi kontrol edilir. Envanter seviyesi  $s$ 'nin altındaysa ikmal kararı alınır ve envanter seviyesi tedarik süresi sonunda  $S$ 'ye çekilir. Bu parametrelerin belirlenmesinde, Wagner (1975, 831-836)'in sezgisel yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşımda zorunlu ikmal noktası belirlenirken, gözden geçirme periyodu ve tedarik süresi boyunca gelecek talebin belirli bir servis seviyesinde karşılanması amaçlanır. Üst yükleme noktası ise, zorunlu ikmal noktasına ekonomik sipariş miktarı (ESM) eklenerek bulunur.

##### 3.1.1 Wagner'in Sezgisel Yaklaşımı

Wagner sezgisel yaklaşımı dört adımda uygulanmaktadır. Öncelikle Wagner'in algoritmasında

kullanılan parametreler ve notasyon açıklanacaktır.

**Gözden Geçirme Periyodu ( $R$ ):** Bankamatiklerdeki envanter seviyeleri gün sonunda kontrol edilir. Bu nedenle gözden geçirme periyodu bir gün olarak kabul edilmiştir.

**Tedarik Süresi ( $\tau$ ):** İkmal kararı verildikten sonra ikmal yapılana kadar geçen süredir. Bankamatiklerin nakit yönetim merkezlerinden olan uzaklıklarından bağımsız olarak tedarik süresi şube dışı bankamatiklerde yarım gün olarak kabul edilmiştir. Şube içi bankamatikler için ise tedarik süresinin ihmal edilebilir kısıklıkta olduğu varsayılmıştır.

**İkmal Maliyeti ( $K$ ):** Her ikmal gerçekleştiğinde oluşan operasyonel maliyettir. Bu maliyet akaryakıt, zırlı araç ve personel ile ilgili maliyet kalemlerinden oluşmaktadır.

**Envanter Taşıma Maliyeti ( $h$ ):** Bankamatiklerde gün sonunda para tutmanın oluşturduğu fırsat maliyetidir. Merkez Bankası'nın internet sitesinden elde edilen yıllık gecelik faiz oranı bilgisi kullanılarak bir gecelik faiz oranı hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{Gecelik Faiz Oranı} &= \text{Yıllık Gecelik Faiz Oranı}/365 \\ &= 0,000137 \end{aligned}$$

**Ardışmarlama Maliyeti ( $b$ ):** Wagner sezgisel yaklaşımında  $k$  değerinin bulunmasında kullanılır.  $k$  değeri standart kayıp fonksiyonundan ( $G(k)$ ) elde edilmektedir.

**Zorunlu İkmal Noktası ( $s$ ):** İkmalin gerektiğini belirten noktadır. Gözden geçirme periyodu ve tedarik süresince gelebilecek olan talep ve güvenlik stoğu göz önüne alınarak bulunur.

**Üst İkmal Noktası ( $S$ ):** İkmal yapıldığında envanter seviyesinin gelmesi gereken noktayı belirtir.

**Adım 1:**  $ESM = \sqrt{2K\mu/h}$  hesaplanır.

**Adım 2:**  $G(k) = \frac{hESM}{b\sigma\sqrt{\tau+R}}$ . Bu eşitliği sağlayan  $k$  değeri bulunur.

**Adım 3:** Eğer  $ESM > 1.5(R\mu)$  ise:

$$s = (\tau + R) \mu + k \sigma \sqrt{\tau + R}$$

$$S = s + \text{ESM}$$

Eğer eşitsizlik sağlanmıyorsa 4. adıma geçilir.

**Adım 4:**  $\varphi(m) = b / (b + h)$  (Kritik oran). Bu eşitliği sağlayan  $m$  değeri bulunur.

Sonrasında  $w = \min(k, m)$  eşitliğini sağlayan  $w$  değeri bulunup  $s$  ve  $S$  değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$s = (\tau + R) \mu + w \sigma \sqrt{\tau + R}$$

$$S = (\tau + R) \mu + \min[k \sigma \sqrt{\tau + R} + \text{ESM}, m \sigma \sqrt{\tau + R}]$$

Bankamatiklerin kendine özgü şartları nedeniyle bu algoritma bu çalışmada bazı değişikliklerle uygulanmıştır.

Öncelikle, ardışıklama maliyeti bankamatikler için hesaplanamamaktadır. Bu nedenle,  $k$  değeri sezgisel yaklaşımın adımlarından bulunamamıştır. Ancak  $k$  değeri, belirli bir çevrim servis seviyesinden (1. tip servis seviyesi) hesaplanabilmektedir.

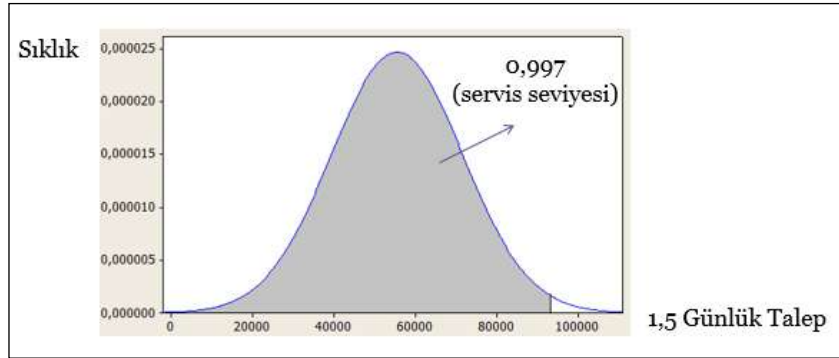
Bu algoritma günlük talebin normal olasılık dağılımından geldiğini varsaymaktadır. Ancak, yapılan analizlerde her bankamatığın günlük para yatırma ve çekme talebini en iyi açıklayan dağılımın normal dağılım olmayabildiği, weibull, beta, gamma gibi farklı olasılık dağılımlarının bazı durumlarda daha uygun olabildiği gözlenmiştir. Bu nedenle, farklı olasılık dağılımlarının uygun olduğu bankamatikler için gözden geçirme periyodu ve tedarik süresi boyunca gelecek talebi belirlenen servis seviyesinde karşılayacak  $s$  değerleri hesaplanmıştır. İlk olarak, her bir bankamatik için gözden geçirme ve tedarik süresince gelecek talebin olasılık dağılımı bulunmuştur. Bu olasılık dağılımı-

nın ters kümülatif fonksiyonu kullanılarak, belirlenen servis seviyesine karşılık gelen değer, zorunlu sipariş noktası olarak kullanılmıştır (Bknz: Şekil 1).

### 3.1.2 Bağımsız İkmal Modelinin Tüm Bankamatik Tiplerine Uygulanması

Wagner'in sezgisel yaklaşımı ilk olarak düz bankamatiklere ve aynı prensipte çalışan plus bankamatiklerin para çekme kasetlerine uygulanmıştır. Zorunlu sipariş noktasının hesaplanması için bir buçuk günlük para çekme talebinin olasılık dağılımı bulunmuştur. %99,7'lik servis seviyesine denk gelen miktar, bir buçuk günlük ters kümülatif olasılık dağılımdan elde edilmiştir. Üst ikmal noktası, zorunlu sipariş noktasına bir günlük ortalama para çekme miktarından hesaplanan ESM eklenerek bulunmuştur.

Plus bankamatiklerin para yatırma kasetleri için bu kasetlerin dolma ihtimaline karşı "zorunlu boşaltma noktası" belirlenmiştir. Envanter seviyeleri gözden geçirildiğinde, bu kasetlerdeki envanter seviyesi bu noktanın üstündeyse para boşaltma kararı alınır ve içerisindeki para tamamen boşaltılır. Zorunlu boşaltma noktasının hesaplanmasında gözden geçirme periyodu ve tedarik süresince gelebilecek para yatırma taleplerinin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu amaçla bir buçuk günlük para yatırma talebinin olasılık dağılımı bulunur. Para yatırma talepleri için belirlenen %90 servis seviyesine denk gelen miktar, ters kümülatif olasılık dağılımından elde edilir. Para yatırma talebinin daha düşük bir servis seviyesiyle karşılanmak istenmesinin nedeni, bankamatiklerin asıl işlevinin para çekme talebini karşılamak olduğunun



Şekil 1. Zorunlu Sipariş Noktasının Hesaplanması

düşünülmesidir. Bir buçuk günlük para yatırma talebinden elde edilen miktar, para yatırma kasetlerinin kapasitesinden çıkarılarak “zorunlu boşaltma noktası” bulunmuş olur.

Plus bankamatikler için toplam üç farklı envanter kontrol parametresi elde edilmiştir. Bu parametreler bankamatiklerin para çekme kasetleri ile para yatırma kasetlerini birbirinden bağımsız kontrol ettiği için, herhangi bir tip kasetten dolayı bankamatiklere gidildiğinde diğer tip kasetlere işlem yapılması için bir talimat üretmemektedir. Bu durum, koordineli ikmal modelinde geliştirilen yaklaşımla ele alınabilmektedir.

Recycler cihazların çoğunda “buffer” adı verilen yedek bir kasa bulunmaktadır. Bu kasadan sadece para çekme işlemi gerçekleştirilebilmektedir. Yedek kasanın esas amacı, recycler kasada oluşabilecek bir arıza sırasında müşterilerin para çekme taleplerinin karşılanabilmesidir. Ancak yedek kasa, recycler kasada para bittiğinde de müşterilerin para çekmeye devam edebilmesine olanak sağlar. Her iki kasadan da para çekilebildiğinden, para çekme talebinin karşılanması için belirlenen %99,7 servis seviyesine ulaşılmasında her iki kasanın da katkısı bulunmaktadır. Dolayısıyla, bu iki kasanın kontrol parametrelerinin belirlenmesinde kullanılacak, her iki kasa için de yeni hizmet seviyeleri belirlenmelidir. Bu hizmet seviyelerinin hesaplanmasında aşağıdaki yaklaşım kullanılmıştır:

A: Recycler kasada arıza gerçekleşme durumu (günlük)

B: Arıza olmaksızın recycler kasadan günlük para çekme talebini karşılayamama durumu

C: Yedek kasadan günlük para çekme talebini karşılayamama durumu

İlk olarak, yedek kasası bulunan recycler bankamatiklerde günlük para çekme talebinin karşılanamadığı durumlar ele alınmıştır. Bunlardan biri, recycler kasanın günlük para çekme talebini karşılayamaması (B) ve yedek kasanın kullanılması durumunda gerçekleşir. Eğer yedek kasa da günlük para çekme talebini karşılayamıyorsa (C), bankamatik müşterilerin günlük para çekme talebinin tamamını karşılayamamış olur. Bu

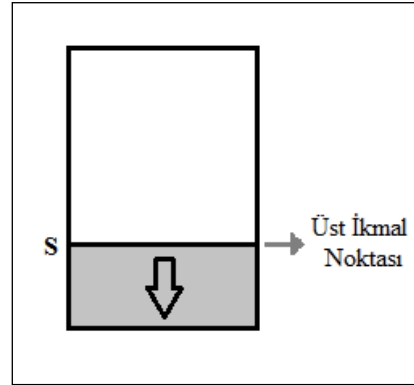
duruma yol açan bir başka neden de recycler kasada arıza oluşmasıdır (A). Arızada devreye giren yedek kasa, günlük para çekme talebini karşılayamadığında (C) müşteri talebinin tamamı karşılanamamış olur. Bu durumların oluşması ile müşterilerin günlük para çekme talebinin 0,003 (%99,7 servis seviyesi) olasılıkla sağlanamaması aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir:

$$P\{A \cup B\} \cdot P\{C\} = 0,003$$

Geçmiş arıza verileri incelenerek bir günde recycler kasada arıza olma olasılığı 0,060 olarak tespit edilmiştir.

$$P\{A\} = 0,060$$

( $1-P\{B\}$ ) ve ( $1-P\{C\}$ ) sırasıyla bizim belirlemeye çalıştığımız recycler kasanın ve yedek kasanın servis seviyeleridir. Yapılan analizler sonucu, recycler kasa için servis seviyesi %85, yedek kasa için %98,5 olarak belirlenmiştir.



Şekil 2. Yedek Kasa İçin Üst İkmal Noktası

Yedek kasanın, amaçlandığı üzere sadece arıza durumunda kullanılması düşünülmüştür. Bu nedenle arızaya müdahale süresince gelebilecek para çekme talebinin karşılanması amaçlanmıştır. Arızaya müdahale süresinin tedarik süresiyle aynı ve yarım gün olacağı varsayılmıştır. Bu kasa için Şekil 2’de gösterildiği üzere sadece “üst ikmal noktası” parametresi belirlenmiştir:

Bu parametre bulunurken yarım günlük para çekme talebinin olasılık dağılımı ve yedek kasa için belirlenen %98,5 servis seviyesi kullanılmıştır. Bağım-

sız ikmal politikasının yedek kasaya uygulanışı tüm recycler bankamatikler için aynıdır. Ancak recycler kasanın yönetimi yapılırken bankamatiklerin para çekme ve yatırma arasındaki orana göre sınıflandırılması gerekmektedir.

Recycler bankamatikler üç gruba ayrılmıştır: (1) para çekme talebinin para yatırma talebine göre daha fazla olduğu bankamatikler, (2) para yatırma talebinin para çekme talebine göre daha fazla olduğu bankamatikler ve (3) para çekme talebiyle para yatırma talebinin birbiriyle dengeli olduğu bankamatikler.

İlk gruptaki bankamatiklerin günlük net talebi (günlük çekilen para miktarı - günlük yatırılan para miktarı) göz önüne alındığında, bu bankamatikleri düz cihazlara benzetmek mümkündür. Bu nedenle zorunlu ikmal noktası hesabında bir buçuk günlük net talebin olasılık dağılımı ve %85 servis seviyesi kullanılır. Üst ikmal noktası ise zorunlu ikmal noktasına bir günlük ortalama net talep miktarından hesaplanan ESM eklenerek elde edilir.

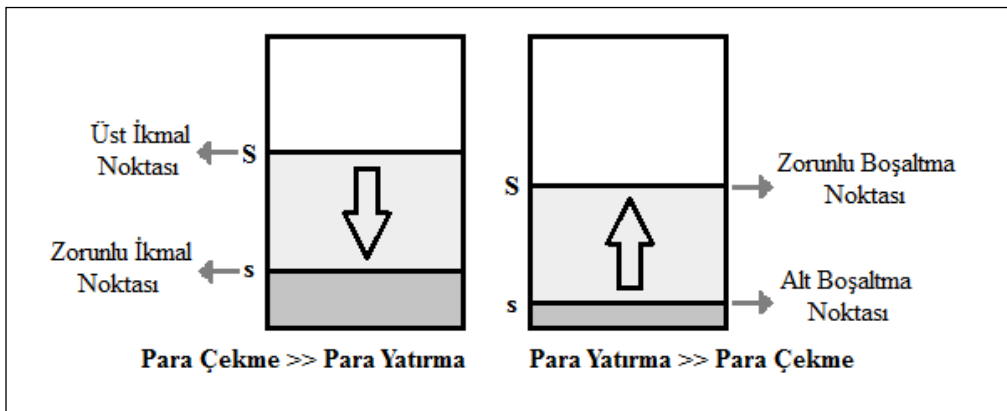
İkinci gruptaki bankamatiklerde para yatırma yoğun olduğundan kullanım sırasında envanter seviyesi genellikle artmaktadır. Dolayısıyla, envanter kontrol parametrelerinin anlamları yer değiştirir ve  $s$  alt boşaltma noktası olurken,  $S$  zorunlu boşaltma noktası olur. Her iki grubun karşılaştırması Şekil 3'te verilmiştir. Paranın akış yönünden bağımsız olarak her iki grupta da ortalama envanter seviyesi  $s$  ile  $S$  arasında olur. Bu benzerlik göz önüne alındığında,

parametrelerin hesabında kullanılan mantığın bu cihazlara da uygulanabileceği düşünülmüştür.

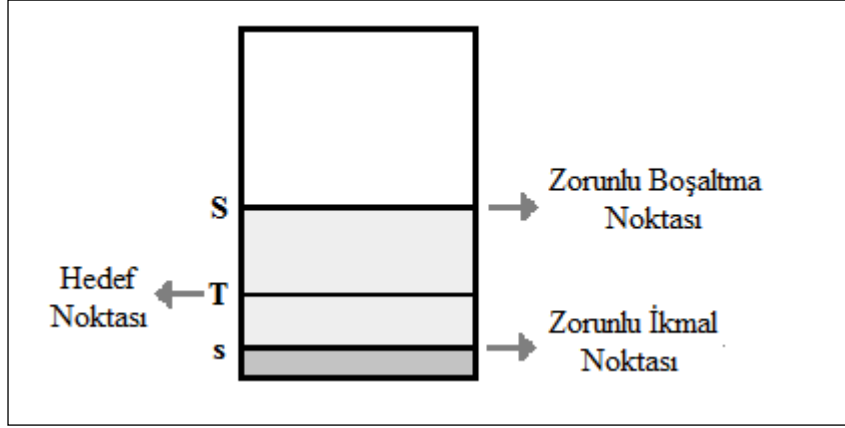
Alt boşaltma noktası bir buçuk günlük net talebin olasılık dağılımı kullanılarak hesaplanır. Bu aşamada bulunan  $s$  değeri negatif bir sayı olabilir. Bu durumda  $s$  sıfır olarak kabul edilmektedir.  $s$  değerinin negatif hesaplandığı recycler bankamatikler çok fazla miktarda para yatırılan bankamatiklerdir. Dolayısıyla bu bankamatikler için alt noktada bir boşaltma noktası bulunmaması anlamlıdır. Zorunlu boşaltma noktası, alt boşaltma noktasına bir günlük ortalama net talep miktarından hesaplanan ESM eklenerek bulunur.

Üçüncü gruptaki bankamatiklerin envanter kontrolü için üç parametreye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bankamatiklerde zorunlu ikmal noktası ve zorunlu boşaltma noktası ( $s$  ve  $S$ ) bulunurken, ayrıca bu ikisi arasında, ikmal sırasında envanter seviyesinin çekilmesi gereken bir hedef noktası ( $T$ ) belirlenmiştir. Burada iki farklı zorunlu noktanın olmasının nedeni envanter seviyesi değişiminin hem artma hem de azalma yönünde olabilmesidir (Bknz:Şekil 4).

Zorunlu ikmal noktası ( $s$ ) yine bir buçuk günlük ortalama net talebin olasılık dağılımından bulunur. Günlük net talep sıfıra yakın olduğundan,  $S$  hesabında kullanılan yöntem burada anlamlı sonuçlar vermemektedir. Bu bankamatikler için farklı bir bakış açısı kullanılmıştır. Çekilen ve yatırılan para miktarları birbirine yakın olduğundan, bu bankamatiklerin herhangi bir müdahaleye gerek kalmadan kendilerini idare



Şekil 3. Birinci ve İkinci Grup Recycler Kasalar için Parametrelerin Gösterimi



Şekil 4. Üçüncü Grup Recycler Kasa için Parametrelerin Gösterimi

etmeleri beklenir. Ancak bankamatik içerisindeki para sirkülasyonu sağlanırken atıl para maliyetinin artması da istenmektedir.  $S$  noktası hesaplanırken bankamatik kasasının kapasitesinin en fazla ne kadarına ihtiyaç duyulacağı önemli bir sorudur. Bunun için iki farklı senaryo düşünülmüştür: “Bu bankamatiklerden sadece para çekme işlemi yapılıyorsa,  $S$  ne olurdu?” ve “Bu bankamatiklere sadece para yatırma işlemi yapılıyorsa,  $S$  ne olurdu?” Bulunan  $S$ ’lerden yüksek olan bankamatik kapasitesinin en fazla ne kadarının kullanılması gerektiği sorusunun cevabını vermiş olur.  $s$  ve  $S$  elde edildikten sonra da hedef noktası bu iki parametre arasında günlük ortalama para çekme ve yatırma arasındaki orana göre belirlenir.

### 3.2 Koordineli İkmal Modeli

Koordineli ikmal modelinde, birbirine yakın konumlandırılmış bankamatikler bir grup olarak değerlendirilmektedir. Bu modelde diğer parametrelerin yanı sıra “ikmal yapılabilir noktası” ( $c$ ) adı altında yeni bir parametre tanımlanmıştır. Bir gruptaki herhangi bir bankamatik için envanter seviyesi zorunlu ikmal noktasının altında kaldığı için ikmal kararı verildiyse, gruptaki diğer bankamatiklerden envanter seviyesi ikmal yapılabilir noktasının altında olanlar için de ikmal kararı verilir. Bu gruba yapılacak her bir tur için sabit bir maliyet ödenirken grupta gidilecek her bir bankamatik için ayrı bir değişken maliyet ödenir. Bu sayede toplam tur maliyetinden tasarruf etmek hedeflenmektedir. İkmal yapılabilir kontrol parametresini

hesaplamak için Silver (1974)’ın önerdiği algoritma bu sisteme uyarlanarak kullanılmıştır.

#### 3.2.1 İkmal Yapılabilir ve Üst İkmal Noktalarının Hesaplanması

Silver’in kullandığı algoritmada, talebin Poisson dağıldığı varsayılmıştır. Bizim problemimiz için de bir günde bankamatiğe gelen müşteri sayısının Poisson dağıldığını söylemek mümkündür. Ancak her müşteri farklı miktarlarda nakit talep edebildiği için toplam talep Poisson dağılmamaktadır. Bu nedenle algoritmanın adımlarında bazı düzenlemeler yapılmıştır. Denklemlerde, olasılık hesaplamalarında kullanılan günlük ortalama gelen müşteri sayısı aynı bırakılırken, maliyet hesaplamalarında bu terim günlük ortalama talep ile değiştirilmiştir.

Algoritmada kullanılan parametreler şöyledir:

$c_i^{(k)}$ :  $c$ ’nin bankamatik  $i$  için iterasyon  $k$ ’deki değeri

$S_i^{(k)}$ :  $S$ ’nin bankamatik  $i$  için iterasyon  $k$ ’deki değeri

$\lambda_i$ : Bankamatik  $i$  için Poisson talep sıklığı

$\mu_i^{(k)}$ : Bankamatik  $i$  için iterasyon  $k$ ’deki ikmal yapılabilir noktasından yararlanma sıklığı

$(\mu_j = \sum_{tüm i \neq j} NT_i \text{ ve } NT_i$ ; periyod başına bankamatik  $i$  için beklenen zorunlu ikmal sayısı)

$\rho_i^{(k)}$ : Herhangi bir zamanda gerçekleşecek bir sonraki olayın müşteri talebi olma olasılığı

$\rho_i^{(k)} = \lambda_i / (\lambda_i + \mu_i^{(k)})$



$D_i$ : Bankamatik  $i$  için günlük para talebi

A: İkmal maliyetinin sabit bileşeni (İkmal maliyetinin bu bileşeni, grup içerisinde herhangi bir bankamatığın veya birden fazla bankamatığın envanter seviyesinin zorunlu ikmal seviyesinin altına düşmesi durumunda çıkılan her bir turun maliyetidir.)

a: İkmal maliyetinin değişken bileşeni (İkmal maliyetinin bu bileşeni, tura çıkma kararı alınıp A maliyetine katlandıktan sonra gidilecek her bir bankamatik için ikmal maliyetidir.)

$h$ : gecelik envanter taşıma maliyeti

$k$ : iterasyon numarası

$n$ : koordineli gruptaki bankamatik sayısı

Algoritmanın işleyişi ise şu şekildedir:

**Öndeğer Atama Adımı:** Bu adımda, tüm bankamatikler için  $c$  değerleri sıfıra,  $S$  değerleri ise ekonomik sipariş miktarına eşitlenir.

$$c_i^{(1)} = 0$$

$$S_i^{(1)} = \sqrt{(2(A+a)D_i/h)}$$

Buradaki  $D_i$  ve  $\mu_i^{(1)}$  daha önceki veriler kullanılarak hesaplanır. Buna ek olarak, her bir bankamatik için  $NT_i^{(1)}$  değerleri  $NT_i = \lambda \rho^c / [S - c + \rho(1 - \rho^c)/(1 - \rho)]$  denklemi çözülerek bulunur.

**Adım 1:**  $NT_i$  değerleri hesaplandıktan sonra,  $\mu_i^{(k)}$  değerleri  $\mu_j = \sum_{all \ i \neq j} NT_i$  denklemi kullanılarak güncellenir.

**Adım 2:**  $\rho_i^{(k)}$  değerleri,  $\rho_i^{(k)} = \lambda_i / (\lambda_i + \mu_i^{(k)})$  denklemi kullanılarak güncellenir.

**Adım 3:** Beklenen maliyet fonksiyonu güncellenir.

$$EC(c) = h \{ c - \rho(1 - \rho^c)/(1 - \rho) + \sqrt{[2D(a + A\rho^c)/h + 2c\rho^{c+1}/(1 - \rho) - \rho(1 - \rho^c)(1 + \rho^{c+1})/(1 - \rho)^2] + 1/2} \}$$

**Adım 4:** Beklenen maliyet fonksiyonunu en azlayacak  $c_i^{(k)}$  değerleri hesaplanır.

**Adım 5:**  $S_i^{(k)}$  değerleri  $S(c) = c - \rho(1 - \rho^c)/(1 - \rho) + \sqrt{[2D(a + A\rho^c)/h + 2c\rho^{c+1}/(1 - \rho) - \rho(1 - \rho^c)(1 + \rho^{c+1})/(1 - \rho)^2]}$  denklemi kullanılarak hesaplanır.

**Adım 6:**  $NT_i^{(k)}$  değerleri yeni  $c$  ve  $S$  değerleri için güncellenir ve ilk adıma dönlür.

Beklenen maliyet ve  $S$  değeri için kullanılan denklemlerde geçen kare kök içindeki ifadelerin 0'dan küçük olma durumları için imajiner bileşenleri olması durumu söz konusudur. Bu durumlar için beklenen maliyet ve  $S$ 'nin hesaplanabilmesi için farklı iki denklem kullanılmalıdır:

$$EC(c) = \{ \rho(1 - \rho^c)/(1 - \rho) \}^{-1} \{ \rho[c - \rho(1 - \rho^c)/(1 - \rho)]h / (1 - \rho) + D\rho^c A + Da \}$$

$$S(c) = c$$

Bu iteratif süreç, bir iterasyon sonunda elde edilen  $c$  ve  $S$  değerleri bir önceki iterasyondan elde edilenlere yakınsadığı zaman sona erdirilir. Bu algoritmadan elde edilen  $c$  ve  $S$  değerleri, ikmal yapılabilir noktası ve üst ikmal noktasının hesaplanmasında kullanılır. Buna göre, ikmal yapılabilir noktası " $s+c$ " olurken, üst ikmal noktası da " $s+S$ " şeklinde hesaplanır. Ayrıca, zorunlu ikmal seviyesi olan  $s$  yine bağımsız ikmalde hesaplandığı şekilde bulunur.

### 3.2.2 Koordineli İkmal Modelinin Tüm Bankamatik Tiplerine Uygulanması

Düz Bankamatikler: Algoritma kullanılarak  $c$  ve  $S$  değerleri hesaplandıktan sonra, ikmal yapılabilir noktası  $s+c$  ve üst ikmal noktası  $s+S$  olarak elde edilir. Buradaki  $s$  bağımsız ikmalde kullanılan yöntemle hesaplanmaktadır ve  $s$ 'nin hesaplanması tüm bankamatik tipleri için aynıdır. Düz cihazlardaki zorunlu ikmal noktası  $s$ 'dir.

Plus Bankamatikler: Koordineli ikmal, plus cihazlar için sadece para çekme kasetlerinde uygulanmıştır. Bu kasetler için kontrol parametreleri düz cihazlardaki ile aynı şekilde hesaplanmaktadır.

Recycler Bankamatikler: Koordineli ikmal, recycler cihazlar için para çekme ve yatırma talepleri birbiriyle dengeli olmadığı durumlar için uygulanmıştır. Para çekme talebinin para yatırma talebinden genellikle fazla olduğu recycler cihazlarda kontrol parametreleri düz bankamatiklerdekine benzer şekilde hesaplanmıştır. Farklı olarak, bağımsız ikmalde anlatıldığı gibi bu cihazlar için ekonomik sipariş miktarı hesabında günlük net talebin ortalaması kullanılmıştır. Para ya-

tırma talebinin para çekme talebinden genellikle fazla olduğu recycler cihazlarda ise ikmal yapılabilir noktası üst noktada bulunan zorunlu boşaltma noktasından algoritmadan elde edilen  $c$  değerinin çıkarılmasıyla elde edilir.

#### 4. UYGULAMALAR ve SONUÇLAR

Bağımsız ve koordineli ikmal modelleri, pilot bölge olarak belirlenen ve tek bir zırlı araca sahip olan Rize Merkezi Vezne'ye bağlı bankamatikler üzerinde benzetim modelleri yardımıyla uygulanmıştır. Bu bölgedeki bankamatikler, coğrafi koşullar ve Merkezi Vezne'ye olan uzaklıklar göz önüne alınarak gruplandırılmıştır.

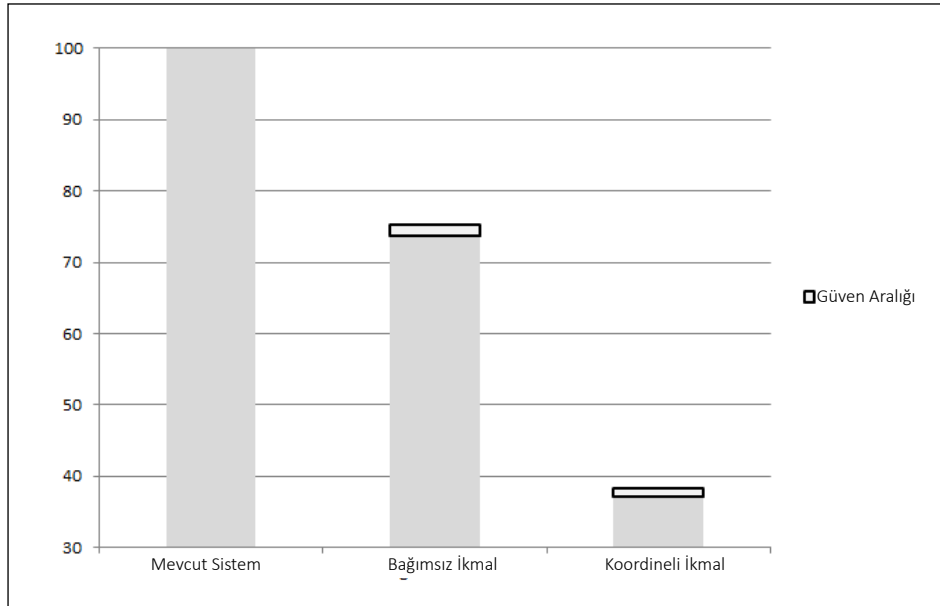
Benzetim modellerinde, Rize Merkezi Vezne'ye bağlı bankamatiklerden 2012 yılının ilk beş ayında gerçekleştirilen para çekme ve yatırma tutarı verilerinden faydalanılmıştır. Bu verilerden bir buçuk gün boyunca gelen para çekme ve yatırma taleplerinin olasılık dağılımları her bir bankamatik için elde edilmiştir.

Mevcut sistem ile bağımsız ve koordineli ikmal modellerini karşılaştırmak için bazı performans ölçütleri belirlenmiştir. Bu performans ölçütleri, toplam tur sayısı, toplam değişken maliyet, toplam atıl para maliyeti, toplam maliyet, zırlı aracın kullanım oranı ve her bankamatik için müşteri talebinin karşılan-

madığı gün sayısıdır. Bağımsız ve koordineli ikmal modellerinin performans değerleri benzetim modelleri yardımıyla 10 yineleme yapılarak %95 güven aralığında bulunmuştur.

**Toplam Tur Sayısı:** Bağımsız ve koordineli ikmal modelleri ile mevcut sistem, toplam tur sayısı ölçütü için karşılaştırıldığında her iki modelde de tur sayısının önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Bağımsız ikmal modelinde tur sayısı mevcut sisteme göre %25 azalırken, koordineli ikmal modelinde ise bu sayı %63 oranında azalmıştır (Bknz: Şekil 5). Bu durumda koordineli ikmal politikası, amaçlandığı üzere bankamatik gruplarına daha seyrek gidilmesini sağlamıştır. Şekil 5'te koordineli ikmal modeli için gösterilen güven aralığının oldukça dar olması, tahmin edilen değerlerin varyansının küçük, tahminlerin oldukça isabetli olduğunu göstermektedir.

(Grafik, gerçek verilerin açıklanmasının uygun olmayacağından, en yüksek tur sayısı 100 kabul edilerek çizilmiştir. Dikey eksenini yüzde olarak kabul etmek, yorumları anlamlandırmak açısından kolaylık sağlayacaktır. Örneğin, bu grafikte koordineli ikmal modeli ile mevcut sistemdeki tur sayısının yaklaşık %37'si kadar tur yapılması gerekmektedir. Bundan sonra verilecek grafiklerde de aynı esas geçerli olacaktır.)



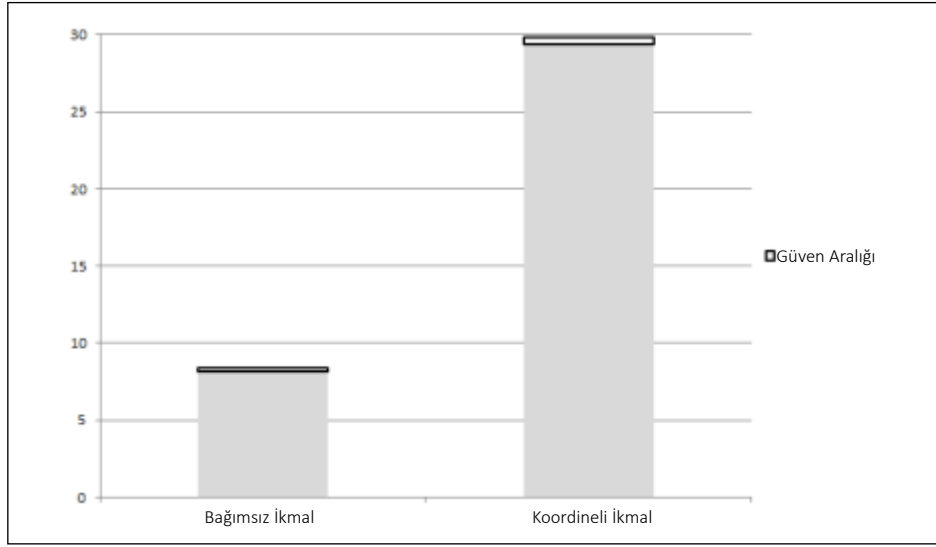
Şekil 5. Bağımsız ve Koordineli İkmal Modelleri için Toplam Tur Sayısının Karşılaştırılması

**Toplam Değişken Maliyet:** Koordineli ikmal modeli, bankamatik gruplarına yapılan tur sayısını azaltırken, bankamatik başına yapılan ziyaret sayısını arttırmaktadır. Bunun sebebi ikmal yapılabilir noktasının bağımsız ikmale göre daha sık ziyaret gerektirmesidir.

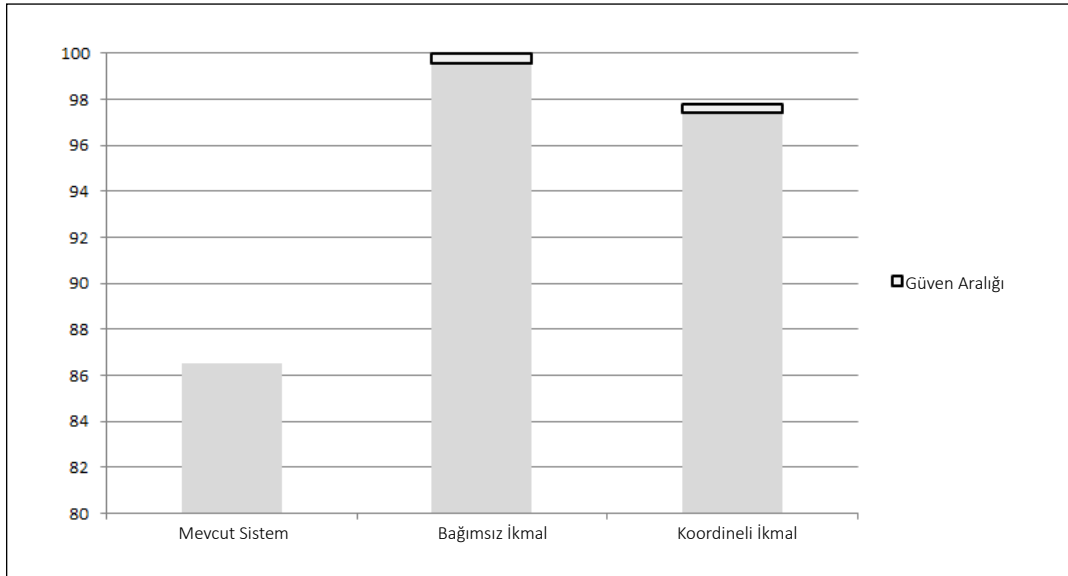
Şekil 6'daki grafik, mevcut sistemin toplam değişken maliyetinin 100 olduğu varsayımı ile çizilmiştir.

**Toplam Atıl Para Maliyeti:** Bağımsız ve koordineli ikmal modellerinde daha az bankamatik ikmal yapılması, bankamatiklerde mevcut sisteme göre daha fazla atıl para bırakılmasına neden olmuştur. Bu durum, bağımsız ve koordineli ikmal politikalarında toplam atıl para maliyetini mevcut sisteme göre arttırmıştır (Bknz: Şekil 7).

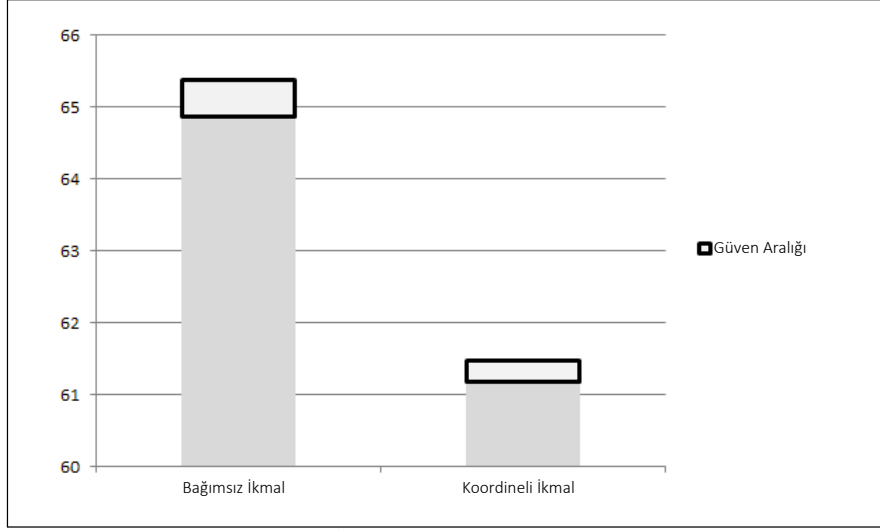
**Toplam Maliyet:** Toplam tur maliyeti, toplam



**Şekil 6.** Bağımsız ve Koordineli İkmal Modelleri İçin Toplam Değişken Maliyetin Karşılaştırılması



**Şekil 7.** Bağımsız ve Koordineli İkmal Modelleri İçin Toplam Atıl Para Maliyetin Karşılaştırılması



**Şekil 8.**Bağımsız ve Koordineli İkmal Modelleri için Toplam Maliyetin Karşılaştırılması

değişken maliyet ve toplam atıl paranın oluşturduğu toplam maliyet, bağımsız ikmal modeli uygulandığında %34,9 oranında bir azalma gösterirken, koordineli ikmal modeli uygulandığında %38,7 oranında azalmıştır.

Mevcut sistemin toplam maliyeti 100 kabul edildiğinde, bağımsız ve koordineli ikmal modellerinin karşılaştırmaları Şekil 8'deki gibidir.

**Zırhlı Aracın Kullanım Oranı:** Mevcut durumda zırhlı aracın kullanım oranı, gerekli veriler olmadığından hesaplanamamıştır. Bu oran simülasyonlar sonucu bağımsız ikmal modeli için ortalama %31 ve koordineli ikmal için %27 olarak tahmin edilmiştir. Ziyaret edilen bankamatik sayısının artmasına rağmen, zırhlı araç kullanım oranının azalması, zırhlı aracın koordineli ikmal modeli ile daha verimli çalıştırıldığına işaret etmektedir.

**Müşteri Talebinin Karşılanamadığı Gün Sayısı:** Mevcut durum için bu değer gerekli veriler olmadığı için belirlenemezken, önerilen iki ikmal modeli için günlük talebin %99,7'lik servis seviyesi ile karşılanması olarak belirlenen müşteri memnuniyeti kriteri sağlanmıştır.

## 5. SENARYO ANALİZLERİ

Belirlenen çözüm yaklaşımlarımızın performans değerlendirmesinden sonra, gelecek için iki farklı se-

naryo daha incelenmiştir. İki senaryoda da koordineli ikmal modeli uygulanmıştır.

### 5.1 Senaryo 1: Bütün plus bankamatikler recycler olsaydı ne olurdu?

Recycler bankamatiklerin nakit yönetimi operasyonlarına ne derecede katkı sağlayacağı merak edilen bir konudur. Rize pilot bölgesindeki tüm plus bankamatiklerin, recycler bankamatik özelliğini gösterdiği bir benzetim modeli kurularak bu sorunun cevabı aranmıştır.

Senaryo 1 için elde edilen benzetim modeli sonuçları, mevcut bankamatik ağında uygulanan koordineli ikmal modeli ile karşılaştırıldığında toplam değişken maliyetin ortalama %40 düştüğü gözlenmiştir. Recycler bankamatiklerin çalışma prensipleri düşünüldüğünde değişken maliyetteki bu azalma beklenen bir sonuçtur. Varolan plus bankamatiklerin, recycler bankamatiklere dönüştürülmesi senaryosunda, toplam atıl para maliyetinde de bir azalma gözlenmiştir. Recycler cihazların zorunlu ikmal noktaları plus cihazların zorunlu ikmal noktalarına göre genellikle daha düşük olduğu için atıl para maliyetindeki bu azalma da beklenen bir sonuçtur. Toplam tur sayısında belirgin bir değişiklik gözlenmezken, sonuç olarak planlanan senaryo ile toplam maliyetin %16 oranında iyileştirildiği gözlenmiştir.

## 5.2 Senaryo 2: Bankamatik sayısı iki katına çıkarılsaydı ne olurdu?

Bu senaryo analizinde mevcut bankamatik ağının genişlemesi durumunda koordineli ikmal modeli kullanılırsa mevcut yatırımların ne derece yeterli olacağı sorgulanmıştır. Bunun için mevcut bankamatik sayısının iki katına çıkarıldığı varsayılmıştır. Bağımsız ikmal modelinde bu senaryo için olası analizlerde zırlı aracın kullanım oranının yaklaşık olarak iki katına çıkması beklenmektedir. Koordineli ikmal modeli için ise, yapılan senaryo analizinde, mevcut bankamatik sayısı iki katına çıkmasına rağmen, zırlı aracın kullanım oranı yalnızca %53 oranında artış göstermiştir. Bu sonuç bankamatik sayısının arttığı durumlarda koordineli ikmalin bağımsız ikmal modelinden daha iyi performans göstereceğine işaret etmektedir.

## 6. SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye İş Bankası'nın bankamatiklerle ilgili ikmal kararlarını alırken faydalanabileceği bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada, müşteri memnuniyeti üst seviyede tutulurken, atıl para maliyeti ve operasyonel maliyetin oluşturduğu toplam maliyetin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Problemin çözümünde literatürde kullanılan envanter kontrol politikalarından yararlanılmıştır. Problem rassal ve durağan talebe sahip, çok dönemli ve periyodik gözden geçirmeli envanter problemi olarak modellenmiştir. Çözüm yaklaşımı olarak bağımsız ve koordineli ikmal olmak üzere iki farklı model geliştirilmiştir. Bağımsız ikmal modelinde her bir bankamatik diğer bankamatiklerden bağımsız olarak ele alınmıştır. Bu modelde kullanılan zorunlu ikmal noktası (s) ve üst ikmal noktası (S) Wagner'in sezgisel yaklaşımından yararlanılarak elde edilmiştir. Bu yaklaşım öncelikle sadece para çekilebilen düz bankamatikler ile plus bankamatiklerin para çekme kasetlerine uygulanmıştır. Sonrasında benzer yaklaşımlar geliştirilerek, bağımsız ikmal modeli tüm bankamatik tipleri için uygulanabilir duruma getirilmiştir. Koordineli ikmal modelinde, birbirine yakın konumlandırılmış bankamatikler öncelikle gruplandırılmıştır. Bu modelde, zorunlu ikmal noktası ve üst ikmal noktasına ek olarak ikmal yapılabilir noktası tanımlanmıştır. Koordineli ikmalde, bir gruba tur gerçekleştirildiğinde sabit bir tur

maliyetine katlanıldığı varsayılır. Bu maliyet, turda ziyaret edilen bankamatik sayısından bağımsızdır. Ziyaret edilen her bir bankamatik için ise ayrı bir değişken ikmal maliyeti ödenir. Dolayısıyla, envanter seviyesi zorunlu ikmal noktasının altında olan bankamatikler için bir gruba tur yapıldığında, fazladan sadece değişken ikmal maliyeti ödenerek envanter seviyesi zorunlu ikmal noktası ile ikmal yapılabilir noktası arasında olan diğer bankamatiklere de ikmal kararı alınır. Geliştirilen bu iki çözüm yaklaşımı benzetim modelleri yardımıyla pilot bölge olarak seçilen Rize Merkezi Vezne'ye bağlı bankamatik ağına uygulanmıştır. Talebin %99,7'sinin karşılanması olarak belirlenen müşteri memnuniyeti kriteri her iki model için de sağlanırken, toplam maliyet performans ölçütünde bağımsız ikmal modeli için %34,9, koordineli ikmal modeli için %38,7 oranında bir azalma sağlanmıştır.

## TEŞEKKÜR

Verdikleri destekle bu çalışmanın gerçekleşmesini sağlayan Türkiye İş Bankası Alternatif Dağıtım Kanalları Bölümü'nden Sayın Canan Karaca, Sayın Ceyda Yalçın ve Sayın Sevtap Türkeroglu'na teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKÇA

1. Baumol, W. J. 1952. "The Transaction Demand for Cash: An Inventory Theoretic Approach," *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.66, No.(4), 545-556.
2. Eppen, G. D., Eugene, F. F. 1968. "Solutions for Cash-Balance and Simple Dynamic- Portfolio Problems," *The Journal of Business*, Vol.41, No.(1), 94-112.
3. Girgis, N. M. 1968. "Optimal Cash Balance Levels," *Management Science*, Vol.15, No.(3), 130-140.
4. Miller, M. H., Daniel, O. 1966. "A Model of the Demand for Money by Firms," *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.80, No.(3), 413-435.
5. Neave, E. H. 1970. "The Stochastic Cash Balance Problem with Fixed Costs for Increases and Decreases," *Management Science*, Vol.16, No.(7), 472-490.
6. Silver, A. E. 1974. "A Control System for Coordinated Inventory Replenishment". *Int. J.Prod.Res.*, Vol. 12, No.(6), 647-671.
7. Tobin, J. 1956. "The Interest- Elasticity of Transactions Demand for cash". *The Review of Economics and Statistics*, Vol.38, No.(3), 241-247.
8. Wagner, H. M. 1975. *Principles of Operations Research— With Applications to Managerial Decisions*, Prentice-Hall, Inc: Englewood Cliffs, NJ.