

MERKEZİ VEZNE YER SEÇİMİ VE ATM ENVANTER YÖNETİM POLİTİKALARI İLE NAKİT YÖNETİM SİSTEMİ OPTİMİZASYONU

Müberra ÖZMEN, Sıdıka TUNÇ, Gamze YAĞIZ, Selen YILDIRIM, Engin YILDIZ, Murat KÖKSALAN*, Sinan GÜREL*

Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara
muberra.ozmen@gmail.com, sidikatunc91@gmail.com, yagizgamze@gmail.com, yildirimselen91@gmail.com,
enginyildizmetu@gmail.com, koksalan@metu.edu.tr, gsinan@metu.edu.tr

Geliş Tarihi:19.09.2014; Kabul Ediliş Tarihi: 22.05.2015

ÖZ

Bu çalışmada, Türkiye İş Bankası Nakit Yönetim Sistemi'nde merkezi vezne yer seçimi ve ATM nakit yönetimi problemleri ele alınmıştır. Nakit yönetim sistemi, ATM, şube ve merkezi veznelerin kasalarında tutulan nakit miktarlarının yönetimini ve merkezi veznelere ile hizmet verdiği ATM ve şubelerin arasındaki para transferini kapsamaktadır. ATM ve şube kasalarında tutulan nakit miktarı, müşteri memnuniyetini etkilemekte, aynı zamanda nakit ikmal operasyonları ile beraber önemli ölçüde maliyet oluşturmaktadır. Nakit yönetim sistemi, iki alt problem içermektedir. Bunlar, veznelerin yer seçimi, ATM ve şubelerin veznelere atanmaları ve ATM'lerin nakit yönetim politikalarının belirlenmesidir. Bu problemler kademeli olarak ele alınmış ve geliştirilen çözüm yöntemleri Doğu Karadeniz Bölümü için uygulanarak sonuçlar tartışılmıştır. Bu çalışmanın amacı, kaynak kısıtları altında ilgili maliyetleri ve müşteri memnuniyetini gözetenerek nakit yönetim sisteminin iyileştirilmesidir.

Anahtar Kelimeler: Nakit yönetimi, tesis yerleşimi, atama problemi

CASH MANAGEMENT SYSTEM DESIGN BY CENTRAL CASH OFFICE LOCATION AND INVENTORY MANAGEMENT POLICY OPTIMIZATION

ABSTRACT

In this study, we consider location selection problem for central cash offices and cash management decisions for ATM's for İş Bank. Cash Management System involves the cash amounts held in ATM's, branches, central cash offices and cash transfers between central cash offices and ATMs or branches. Cash amount held in ATM's and branches affects the customer satisfaction and also, together with cash transfers, it costs considerable amount to the bank. Cash management system involves two sub problems. Those are selection of location for central cash offices, assignment of ATM's and branches to central cash offices, and determining cash management policies for ATM's. Those problems are discussed in steps, solution approaches are applied for Black Sea Region and results are discussed. The aim of this project is, under resource constraints, the optimization of the cash management system considering the related costs and customer satisfaction.

Keywords: Cash management, facility location, assignment problem

* İletişim yazarları

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

1. GİRİŞ

Türkiye İş Bankası, 1300'den fazla şubesi ve 6000'e yakın ATM'si ile Türkiye'nin en büyük bankası konumundadır. Servis sağlanan şube ve ATM sayısı ve alanın genişliği göz önüne alındığında, bankanın etkin çalışan bir nakit yönetim sistemine ihtiyaç duyacağı açıktır. Nakit yönetim sisteminin uygun tasarlanması ve günlük nakit yönetim kararlarının maliyetler göz önüne alınarak verilmesi sistemin maliyetini düşürecektir. Nakit yönetim sisteminde şube ve ATM'lere hizmet verecek merkezi veznelerin yer seçimi, seçilen veznelerin hizmet vereceği şube ve ATM'lerin belirlenmesi, veznenin nakit ihtiyacını karşılayacağı Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası (TCMB) şubesinin seçilmesi, ikmal işlemlerinde görev alacak zırlı araç sayılarının belirlenmesi, ATM'lerin ikmal ve kasa seviyelerinin belirlenmesi gibi kararlar verilir.

Bu kararlar iki maliyet kalemini etkilemektedir. Bunlardan ilki, vezne ve ATM kasalarında gün sonunda kalan paranın TCMB'ye yatırılmaması nedeniyle ortaya çıkan faiz geliri kaybı olan atıl para maliyetidir. İkinci maliyet kalemi ise merkezi veznenin para yükleme, boşaltma, taşıma gibi faaliyetlerinden kaynaklanan operasyonel maliyettir. Öte yandan, kasalarda ihtiyaçtan fazla nakit bulundurmaya atıl para maliyeti yaratırken, yeterli miktarda nakit bulunmaması müşteri memnuniyetini azaltmaktadır. Nakit yönetim sisteminde kararların bu maliyetleri ve müşteri memnuniyetini dikkate alınarak verilmesi gerekmektedir.

Doğu Karadeniz Bölümü nakit yönetim sistemi incelendiğinde, üç temel problem belirtisine rastlanmıştır. İlk olarak, ATM'ler için ziyaret sıklıklarının, ikmal ve kasa seviyelerinin belirsiz olduğu ve talepteki belirsizlik dikkate alınarak daha uygun miktarlarda yükleme yapılabileceği, dolayısıyla katlanılan yol maliyetinin atıl para maliyetini azaltabileceği gözlemlenmiştir. Bir diğer problem belirtisi ise TCMB şubelerinin daha düzenli ziyaret edilmesinin veznelerde toplanan paranın atıl para maliyetini düşürebileceği yönündedir. Son olarak, para yatırma ve çekme işleminin yapılabildiği ve bu iki işlem için iki ayrı kasaya sahip olan "plus" ATM'lere yapılan ziyaretlerde iki kasanın nakit ihtiyacı birlikte düşünüldüğünde operasyonel maliyetin düşebileceği

gözlemlenmiştir. Gözlemlenen problem belirtilerine ek olarak, mevcut vezne konumları ve atamalarının yüksek operasyonel maliyete sebep olduğu banka tarafından öngörülmüştür.

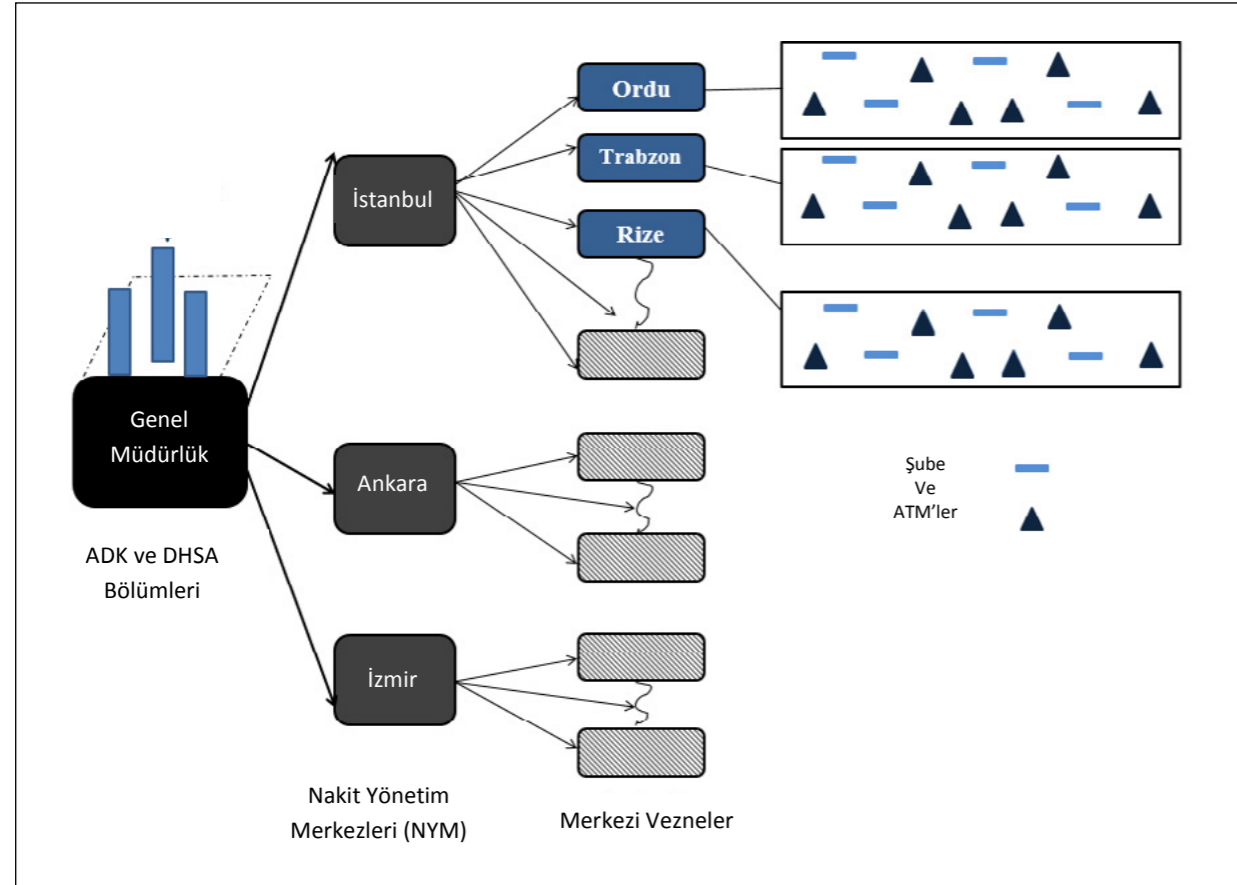
Bu çalışma kapsamındaki sistem incelendiğinde, sistemde verilen iki tip karar olduğu görülmektedir. Bunlardan ilki, şube ve ATM'lerin nakit ihtiyacını karşılamakla yükümlü veznelerin konumları, sorumluluk alanları (hizmet verecekleri ATM ve şubeler) ve sahip olacakları zırlı araç sayılarını içeren taktiksel seviyedeki kararlar; ikincisi ise ATM ve şubelerin nakit ikmal politikalarını içeren operasyonel kararlardır.

İyileştirilmesi hedeflenen kararlar iki düzeyde olduğu için, literatür araştırması sonucunda, "Tesis Yer Seçimi ve Atama Modeli" ve "Koordineli İkmal Modeli"nin tek bir matematiksel model kullanılarak çözülemeyeceği görülmüştür. Bu nedenle bu iki model, yinelemeli olarak çözümlenerek en az maliyet elde edilmeye çalışılmıştır. Başka bir deyişle, Tesis Yer Seçimi ve Atama Modeli'nin sonucu, Koordineli İkmal Modeli'ne girdi oluşturmaktadır ve tam tersi de geçerlidir.

2. ORGANİZASYONA GENEL BAKIŞ

Bu bölümde, bankanın nakit yönetim sistemindeki birimler ve aralarındaki ilişkiler anlatılmaktadır. Genel olarak, nakit yönetim sisteminde dört hiyerarşi basamağı bulunmaktadır. Bunlardan ilki, banka genel müdürlüğündeki nakit yönetiminden sorumlu Alternatif Dağıtım Kanalları (ADK) Bölümü ve Destek Hizmetleri ve Satın Alma (DHSA) Bölümüdür.

Bir alt basamaktaki Nakit Yönetim Merkezleri (NYM) ise merkezi veznelerin operasyonlarını kontrol etmek ve faturalamakla sorumludurlar. Mevcut sistemde, Türkiye genelinde üç adet NYM bulunmaktadır (İstanbul, Ankara ve İzmir NYM). Üçüncü basamaktaki Merkezi Veznelere de buldukları bölgedeki mevcut şube ve ATM'lerin nakit yönetim operasyonlarından sorumludurlar. Sorumlu oldukları herhangi bir şube veya ATM'deki nakit ihtiyacı ya da nakit fazlası durumu oluştuğunda, bu veznelere bağlı çalışan zırlı araçlar gerekli birimi ziyaret edip talebini karşılamaktadır. Aynı şekilde, merkezi veznede oluşan nakit fazlası ya da ihtiyacı durumunda da zırlı araçlar en yakındaki TC Merkez



Şekil 1. Nakit Yönetim Sistemi Hiyerarşisi

Bankası (TCMB) şubelerini gerekli ihtiyacı karşılamak için ziyaret etmektedir. Sistemdeki ATM'ler düz, Plus ve geri dönüşümlü ATM olmak üzere üç çeşittir.

Düz ATM: Bu ATM'lerde sadece para çekme işlemi yapılabilmektedir. Bu yüzden ATM'nin bir adet kasası bulunmakta ve bu kasaya merkezi vezne tarafından sadece para yükleme işlemi yapılmaktadır.

Plus ATM: Bu ATM çeşidinde hem para çekme hem de para yatırma işlemi yapılabilmektedir. Ancak para çekme ve yatırma kasası birbirinden bağımsız olarak çalışmakta, dolayısıyla bir müşterinin yatırdığı para, başka bir müşteri tarafından çekilememektedir. Bu yüzden, bu ATM'lerin yükleme ve boşaltma kasaları ayrı yönetilmektedir.

Geri dönüşümlü ATM: Bu ATM'lerde de Plus

ATM'ler gibi çekme ve yatırma işlemi yapılabilmektedir. Plus ATM'lerden farklı olarak, bu ATM'lerde yatırılan para, başka bir müşteri tarafından çekilebilmektedir. Bu ATM'lerde Tampon ve Geri Dönüştürücü olmak üzere iki farklı kasa bulunmaktadır. Geri dönüştürücü kasa, ana kasa olup, bu kasadaki para öncelikli olarak kullanılmaktadır ve müşteri tarafından yatırılan para da bu kasaya gitmektedir. Tampon kasa ise geri dönüştürücü kasanın ihtiyacı karşılayamaması durumunda devreye giren kasa olup, sadece "para çekme" operasyonu için hizmet verebilmektedir.

Bu çalışmada, önerdiğimiz çözüm yöntemlerini Doğu Karadeniz Bölgesi verileriyle sınavacağız. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde 28 düz, 46 Plus ve 23 geri dönüşümlü ATM, 36 şube, 4 merkezi vezne ve 3 adet TCMB şubesi bulunmaktadır.

3. PROBLEM ANALİZİ

3.1 Problemlerle İlgili Güncel Sistem Mekanizması

Önceki kısımda açıklanan fiziksel sistem bileşenlerinin bu çalışma kapsamındaki ana işlevi, ATM'ler, şubeler ve TCMB şubeleri arasındaki nakit akışını sağlamaktır. Merkezi veznelere, şubeler arasından seçilmektedir ve her bir şube ve ATM bir merkezi vezneye atanmaktadır. Bu merkezi vezne, kendisine atanan tüm ATM ve şubelerin nakit akışından sorumlu olmaktadır. Aynı zamanda zırhlı araçlar da atandıkları merkezi veznelere bağlı olarak çalışmaktadır. Sistem bileşenleri arasındaki nakit akışı bu zırhlı araçlarla gerçekleştirilmektedir. Bunlara ek olarak, her merkezi vezne bir TCMB şubesine atanmakta ve çalışmaktadır. Atamalara bağlı olarak merkezi veznelere, ATM'lerin ve şubelerin nakit ihtiyaçlarını, eğer ellerinde yeterli nakit var ise kendi kasalarından, yoksa merkez bankası şubelerinden karşılamaktadır. Talep edilen nakit, zırhlı araçlarla taşınmaktadır. Buna ek olarak, şubelerde ve ATM'lerde biriken fazla nakit de zırhlı araçlarla TCMB şubelerine yatırılmaktadır. Özet olarak, bu akışı sağlarken sistemde şu kararlar verilmektedir;

- Merkezi veznelere bulunacağı şubelerin seçimi
- Şubelerin ve ATM'lerin merkezi veznelere atanması
- Zırhlı araçların merkezi veznelere atanması
- Çalışılacak TCMB şubelerinin seçilmesi
- ATM'lere yatırılacak ve çekilecek para miktarlarının, yatırılma ve çekilme zamanlarının belirlenmesi

Bu kararlara bağlı olarak, sistemimizde iki maliyet bileşeni oluşmaktadır. Bu maliyetler şunlardır:

1. Operasyonel Maliyet: Paranın merkezi veznelere, TCMB şubeleri, şubeler ve ATM'ler arasında fiziksel olarak taşınma maliyetidir. Bu maliyet bileşeni temel olarak, zırhlı araçla ilgili maliyetler olan yakıt maliyetini, amortismanı, bu araçlarda ve merkezi veznelerde çalışan personel giderlerini içermektedir.

2. Atıl Para Maliyeti: Bankalar, gün sonu faizi kazanabilmek için tuttukları fazla nakdi TCMB şubelerine yatırmaktadır. Bu fazla nakdin merkez bankaları şubelerine yatırılmamasından oluşan fırsat maliyeti, atıl para maliyeti olarak tanımlanmaktadır. Atıl para maliyeti, gün sonunda kasada tutulan para miktarı ile gecelik faiz oranının çarpılması ile hesaplanmaktadır.

Bu iki maliyet bileşeni arasında bir ödünleşme vardır. Yani TCMB şubelerinin, şubelerin ve ATM'lerin sık ziyaret edilmesiyle atıl para maliyeti azaltılırken, operasyonel maliyet artmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, atıl para maliyeti ve operasyonel maliyetten oluşan toplam maliyeti azaltmaktır. Ancak bazı belirsizlikler ve karmaşıklıklar bulunmaktadır:

- ATM ve şubelerin nakit talepleri rassaldır.
- Şubelerin nakit talepleri mümkün olan en kısa sürede karşılanmalıdır.
- Bir talebin karşılanması için yolda geçen süre kesin değildir.

3.2 Veri Analizi ve Problem Belirtileri

Sistemi anlamak ve problem belirtilerini gözlemleyebilmek için aşağıdaki veriler incelenmiştir;

- Bankanın TCMB şubesindeki hesabının giriş ve çıkış hareketleri
- Zırhlı araçların şube ziyaretleri ve alakalı nakit işlemleri
- Zırhlı araçların ATM'leri ziyaret ve alakalı nakit işlemleri

Bahsi geçen verilerin analizleri sonucunda aşağıdaki problem belirtileri gözlemlenmiştir:

3.2.1 Katlanılan Atıl Para Maliyeti

Merkezi veznelere ATM'lere para yatırma ve çekme hareketlerini incelerken, plus tip olan bazı ATM'lerde katlanılan atıl para maliyetinin yüksek seviyelerde olabileceği gözlemlenmiştir. Bu ATM'lerin para yatırma kasetleri hemen her gün boşaltılırken, para çekme kasetleri daha nadir olarak, üç-dört günlük sıklıklarla doldurulmaktadır. Başka bir deyişle, bu ATM'ler her gün ziyaret edilerek bir operasyonel maliyete katlanılmakta, fakat para çekme kasetinde üç-dört günlük para tutularak fazladan atıl para maliyetine katlanılmaktadır. Bu analizle, eğer operasyonel maliyete her gün katlanılıyorsa, para çekme kasetinin seviyesinin her gün doldurulacak şekilde belirlenmesi, atıl para maliyetini azaltmak açısından akla yakın görünmektedir. Ancak, zırhlı araçlar para çekme kasetini herhangi bir hazırlık yapmaksızın boşaltabilirken, para yatırma kasetine konulacak paranın önceden hazırlanmış olması gerekmektedir. Bu nedenle,

analizin doğrulanabilmesi için zırhlı aracın planlı bir şekilde bu ATM'nin para yatırma kasetini boşaltmak için mi, yoksa bu ATM, zırhlı aracın mevcut rotası üzerinde olduğu için mi ziyaret ettiğinin bilinmesi gerekmektedir.

3.2.2 ATM'lerde Oluşan Atıl Para Maliyeti

Veriler incelendikten sonra, farklı ATM tipleri için farklı problem belirtileri olduğu gözlemlenmiştir.

- **Düz ATM'ler:** ATM *X*, örnek olarak alınıp incelendiğinde, maaş günleri (her ayın 15'i) taleplerinin olduğundan fazla tahmin edildiği gözlemlenmiştir. Maaş günlerinden sonra, yakınındaki diğer ATM'ler daha sık ziyaret edilmesine rağmen, ATM *X*'e yapılan ziyaretlerde azalma gözlemlenmektedir. Kasa seviyesi incelendiğinde, bu ATM'ye uzun süre yetecek kadar para konularak yüksek atıl para maliyetinin olduğu gözlemlenmiştir.
- **Plus ATM'ler:** ATM *Y* ve *Z* incelendiğinde, daha önce Bölüm 3.2.1'de bahsedilen problem gözlemlenmiştir. Buna ek olarak, ATM *Z*'nin güvenlik stokunun fazla tahmin edildiği gözlemlenmiştir. Başka bir deyişle, zırhlı araç ATM *Z*'yi ziyaret ettiğinde, sonraki bir kaç gün için yetecek kadar nakit ATM'nin kasasında hali hazırda bulunmaktadır.
- **Geri Dönüşümlü ATM'ler:** ATM *Q* incelendiğinde, tampon kasetten çekilen paranın talebi oldukça az

olmasına ve geri dönüştürücü kasetin talebi karşılamaya yetmesine rağmen, tampon kasete gereğinden fazla para konulduğu gözlemlenmiştir.

4. ÇÖZÜM YAKLAŞIMI

Sistemde taktiksel ve operasyonel düzeyde kararlar verilmektedir. Bu iki düzeydeki kararları vermek üzere iki tip model oluşturulmuştur. Öncelikle, veznelerin seçimi ve atamaları için bir yer seçimi ve atama modeli 2013 yılının verisi kullanılarak çözülmüş ve bu modelin sonucu, operasyonel seviyedeki kararları vermek üzere kullanılan "Koordineli İkmal Modeli" için girdi olarak kullanılmıştır. İkinci modelin sonuçları, birinci modelin çözümünde girdi olarak kullanılarak yinelemeli çözüm yöntemi uygulanmıştır. Problemin karmaşıklığını azaltmak ve modelleri gerçek hayata daha yakın hale getirmek için kümeleme yöntemi kullanılmıştır. Geçmiş veriden faydalanarak, beraber ziyaret edildiği gözlemlenen ve mesafeleri göreceli olarak yakın olan şube ve ATM'ler gruplanmıştır.

4.1 Literatür Taraması

Klose ve Drexl (2005), yayımladıkları makalede, tesis yer seçimi modellerini gruplandırmıştır. Vezne sayısı ve konularının belirlenmesine ilişkin oluşturulan model, aslında bir tesis yer seçimi modeliyle ilişkilendirilebilir.

Bu çalışmada oluşturulan model, kapasitesiz tesis yer seçimi modelinin bir uzantısı olarak görülebilir.

Önerilen modelle klasik tesis yer seçimi modeli arasındaki benzerlikler şunlardır:

- Şube ve ATM'ler, veznelere tarafından ziyaret edilmesi gereken talep noktaları olarak görülebilir.
- Nakit para, sistemdeki ürün olarak görülebilir.
- Tesislere ilişkin kapasite, veznelerin sahip oldukları zırhlı araçların kullanılabilir zamanı olarak görülebilir.
- TCMB Şubeleri, ATM ve şubelerin taleplerini karşılamak için veznelerin ziyaret ettiği tedarik noktaları olarak görülebilir.
- ATM ve Şubelerin ve Merkez Bankalarının ziyaret edilme sıklığının, birimler arası uzaklıkla uyumlu olduğu varsayılabilir. Yani ziyaret sıklıkları, aradaki mesafeyle değişebilir; fakat bu durum modele tam anlamıyla yansıtılmış değildir.
- Bir şubenin vezne olarak çalışması durumunda ortaya çıkacak sabit maliyet, vezne ve zırhlı araç personeli maliyeti ve zırhlı araca ilişkin maliyetler olarak görülebilir.
- Değişken maliyet parametresi, birimler arası alınan yoldan ve varsa fazla mesaiden çıkartılabilir.
- Bir birimin talebi, tesisler arasında bölüşdürülemez. Yani bir ATM veya şube bir vezne tarafından yönetilir.
- Mevcut modelde geçmiş talep verileri kullanıldığı için sistem statik olarak görülebilir. Fakat gerçek durumda, sistem oldukça dinamik olmakla beraber, talep miktarları günlük bazda değişebilir.

Farklılıklar ise şöyle sıralanabilir:

- Problemdaki talep, fiziksel olarak tanımlanabilir durumda değildir. Para transfer talepleri gerçek talepleri oluşturmasına rağmen, zırhlı araçların kapasiteleri taşınan paraya değil, zamana ilişkindir.
- TCMB, vezne, şube ve bankamatik arasında iki taraflı bir akış vardır. Yani nakit akışı TCMB'den veznelere, veznelere bankamatik ve şubelere olabileceği gibi, şube ve bankamatiklerden veznelere oradan da merkez bankalarına olabilir.

4.2 Model Yaklaşımı

Bu çalışmada kullanılan model, Bölüm 4.1'de belirlenen varsayımlara göre oluşturulmuştur. Talep ve sıklık parametreleri, geçmiş veriye göre hesaplanmıştır. Modelde verilen kararlar, aşağıdaki sorulara yanıt vermektedir.

- Kaç vezne açılmalı?
- Vezneler hangi şubelerde açılmalı?
- Hangi vezneye kaç tane zırhlı araç atanmalı?
- Hangi şube veya bankamatikler (kümelendirilmiş şekilde) hangi veznelere atanmalı?
- Hangi vezne hangi TCMB şubesiyle çalışmalı?

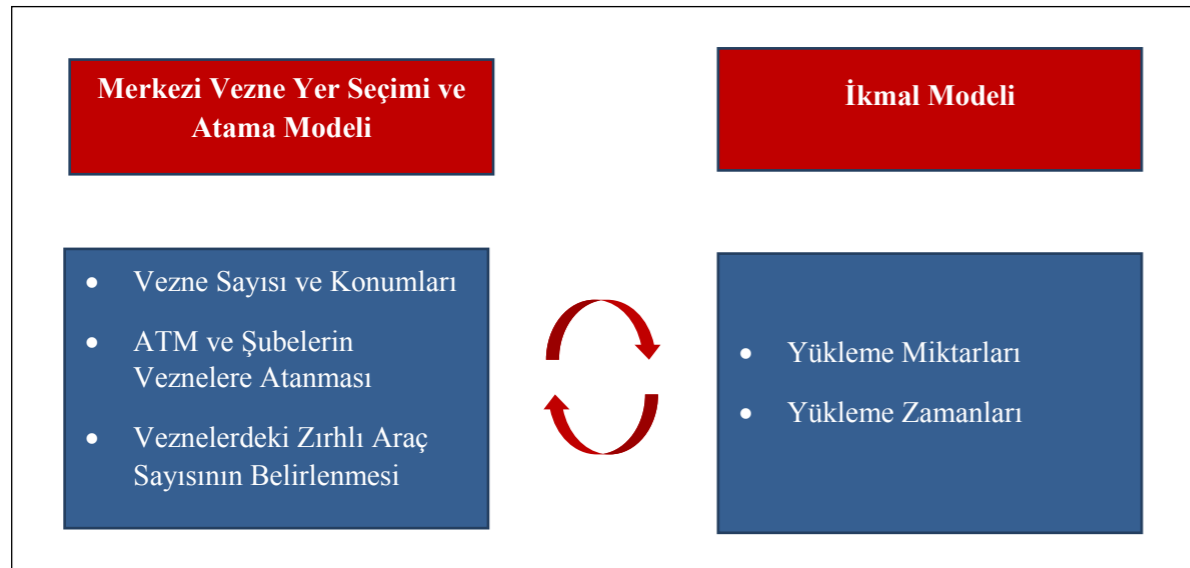
Modeldeki kısıtlar aşağıdaki gibidir:

- Veznelere atanan zırhlı araçların zaman kapasitelerinin toplamı, o vezneye atanan şube ve ATM'lerin taleplerinin gerektirdiği zamandan fazla olamaz.
- Mevcut durumla model sonucunu karşılaştırabilmek için zırhlı araç sayısı 6 olarak alınmıştır.
- Bir şube vezne olarak seçildiğinde en az bir zırhlı araç bu vezneye atanmalıdır.
- Diğer kısıtlar, modelin çalışması için konulmuş mantık kısıtlarıdır.

Sözü edilen matematiksel modelin karmaşıklığını azaltmak ve modeli gerçek hayata yaklaştırmak amacıyla, şube ve ATM'leri kümeleyerek bir model kurulması düşünülmüştür. Sonraki kısımda, kullanılan kümeleme yaklaşımı tartışılacaktır.

4.3 Kümeleme Yöntemi

Bu çalışmada yer alan kümeleme yöntemini, 'benzer özelliklere sahip ATM ve şubelerin bir araya getirilerek düzenlenmesi' olarak tanımlamak mümkündür. Küme ise sahip olduğu bileşenlerin belli özellikleri sebebiyle diğerlerinden ayrılan grup olarak tanımlanabilir. Bu çalışmada kullanılan kümeleme yöntemindeki benzerlik kriteri, 'bileşenler (şube ve ATM'ler) arasındaki uzaklık' olarak belirlenmiştir. Buna literatürde 'uzaklık merkezli kümeleme' denir. Çalışma kapsamında oluşturulan kümelerde; şube, ATM, vezne ve TCMB şubeleri arasındaki uzaklıkların yanı sıra, geçmişte birlikte ziyaret edilen şube ve ATM'ler de göz önünde bulundurulması



Şekil 2. Çözüm Yaklaşımı

düşünülmüştür. Bu nedenle, geçmiş veriler incelenmiş ve zırhlı araçların tek bir turda birlikte ziyaret ettiği ATM ve şube uzaklıkları da göz önüne alınarak aynı kümeye yerleştirilmiştir. Sonuçta, bu iki benzerlik kriteri hesaba katılarak 17 küme oluşturulmuştur. Bu yöntemi uygularken dikkat edilen bir diğer konu ise bir sistem bileşeninin birden fazla kümede yer almaması durumudur. Bu yöntem, literatürde ‘exclusive clustering (seçkin kümeleme)’ olarak geçmektedir.

Problemin bu aşamasında, önceden de belirtildiği gibi, vezne sayısı ve konumlarının belirlenmesi ve gerekli atamaların yapılmasına odaklanılmıştır. Geçmiş veri incelendiğinde, sistemdeki ATM ve şubelerin birlikte ziyaret edildiği gözlemlenmiştir. Modeli gerçeğe yaklaştırmak ve modelin çözümünü kolaylaştırmak için kümeleme yöntemi kullanılmıştır.

Sonraki kısımda, vezne yer seçimi ve şube/ATM atama kararları için bir matematiksel model sunulacaktır.

4.4 Vezne Yer Seçimi için Matematiksel Model

Taktiksel kararlar için oluşturulan matematiksel model aşağıda verilmiştir.

İndeksler

- i = kümeler (1, 2, 3, ..., 27)
 j = vezne adayları şubeler (1, 2, 3, ..., 36)
 k = TCMB şubeleri (1, 2, 3)

Parametreler

- D_{ji} = vezne adayları j ve küme i arasındaki uzaklık (km)
 D'_{jk} = vezne adayları j ve TCMB şubesi k arasındaki uzaklık (km)
 S_i = i kümesinin bir yıl boyunca ziyaret edilme sıklığı (ziyaret sayısı/yıl)
 S'_j = vezne j 'nin bir yıl içinde TCMB'yi ziyaret etme sıklığı (ziyaret sıklığı/yıl)
 c = birim yakıt maliyeti (TL/km)
 p = bir çalışanın ortalama yıllık maliyeti (TL/yıl)
 h = bir km yolun alınması için gereken ortalama süre (dk/km)

- m = TCMB şubesi ziyaret edildiğinde harcanan ortalama sabit zaman (dk/ziyaret)
 n = bir vezne de geçirilen yıllık ortalama zaman (dk/yıl)
 f_i = bir ziyarette küme i 'nin içinde harcanan sabit zaman (dk/ziyaret)
 v = bir çalışanın yapabileceği maksimum fazla mesai (dk/yıl)
 o = fazla mesainin birim maliyeti (TL/dk)

Karar Değişkenleri

- $X_j = \begin{cases} 1, & \text{şube } j \text{ vezne olarak seçilirse} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$
 $Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{küme } j \text{ vezne } i \text{'ye atanırsa} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$
 $W_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{vezne } j \text{ TCMB şubesi } k \text{'ya atanırsa} \\ 0, & \text{diğer durumda} \end{cases}$

V_j = vezne j 'nin zırhlı araç sayısı

R_j = Vezne j 'nin ve zırhlı araçlarının personelinin toplam fazla mesaisi

Amaç Fonksiyonu

$$\min z = \sum_j pX_j + \sum_j 3pV_j + \sum_j \sum_i 2c D_{ji} S_i Y_{ij} + \sum_k \sum_j 2c D'_{jk} S'_j W_{jk} + \sum_j oR_j$$

(vezne personeli maliyeti + her zırhlı araçta 3 personel olmak üzere zırhlı araç personeli maliyeti + vezne ve kümeler arasında alınan yolun yakıt maliyeti + vezne ve TCMB şubeleri arasında alınan yolun yakıt maliyeti + toplam fazla mesai maliyeti)

Kısıtlar

- $Y_{ij} \leq X_j$ her i ve j için
(i kümesinin j veznesine atanması için j vezne adayının vezne olarak seçilmiş olması gerekir.)
 $W_{jk} \leq X_j$ her j ve k için
(Vezne adayları j'nin TCMB şubesine atanabilmesi için vezne olarak seçilmiş olması gerekir.)

$$\sum_j Y_{ij} = 1 \text{ her } i \text{ için}$$

(Bir küme yalnızca bir vezneye atanır.)

$$\sum_k W_{jk} = X_j \text{ her } j \text{ için}$$

(Bir vezne adayları vezne olarak seçildiğinde bir TCMB şubesiyle çalışması gerekir.)

$$V_j \geq X_j \text{ her } j \text{ için}$$

(Bir vezne adayları vezne olarak seçildiğinde en az bir zırhlı araç atanmalıdır.)

$$V_j \leq 6X_j \text{ her } j \text{ için}$$

(Zırhlı araçlar sadece vezne olarak seçilen adaylara atanmalıdır.)

$$\sum_j V_j \leq 6$$

(Toplamda 6 zırhlı araç atanabilir.)

$$\sum_i 2h D_{ij} S_i Y_{ij} + \sum_k 2h D'_{jk} S'_j W_{jk} + \sum_i f_i S_i Y_{ij} +$$

$$\sum_k m S'_j W_{jk} + n V_j \leq 120.000 V_j + R_j \text{ her } j \text{ için}$$

(Zaman kısıtı)

(küme taleplerini karşılamak için yolda harcanan zaman + TCMB şubelerinden talebi karşılamak için yolda harcanan zaman + küme içinde harcanan zaman + TCMB şubesinde harcanan zaman + vezne içinde harcanan zaman \leq toplam kullanılabilir zaman ve fazla mesai)

4.4.1 Taktiksel Kararlar

Bir önceki bölümde bahsedilen matematiksel model, GAMS/CPLEX kullanılarak çözülmüştür. Model, güncel sistem verileri ile çözümlenmiş ve modelin analizler için kullanılmasına karar verilmiştir.

Model en iyi konumları ve atamaları belirlemek için serbest bırakıldığında, vezne sayısının 4 yerine 3 olarak belirlendiği ve zırhlı araç sayısının değişmediği görülmüştür. Gösterilen bu değişim, aynı zamanda gerekli personel sayısında azalmaya sebep olmuştur. Mevcut durumdaki ve model sonucundaki vezne konumları, Şekil 3 ve 4'te verilmiştir.

Tablo 1. Taktiksel Kararlar için Oluşturulan Model ve Mevcut Sistem Karşılaştırması

Mevcut Sistem		Model Sonucu	
Vezne	Zırhlı Araç Sayısı	Vezne	Zırhlı Araç Sayısı
Ordu	1	Ordu	1
Trabzon	3	Trabzon	3
Rize	1	Artvin (Borçka)	2
Artvin	1		



Şekil 3. Mevcut Vezne Konumları



Şekil 4. Model Sonucu Bulunan Vezne Konumları

4.5 Operasyonel Kararlar

4.5.1 (s, S) Politikası

Operasyonel düzeydeki kararları vermek üzere kullanılması düşünülen ilk yaklaşım, (s, S) politikası olmuştur. Bu politika kullanılarak, kasalarda tutulması gereken minimum nakit miktarı s, tedarik süresi ve talep dikkate alınarak hesaplanmıştır. Her bir ATM için tedarik süresince gelen talebin dağılımı, ampirik olarak kabul edilmiştir. Talebin rassal gerçekleştiği göz önüne alınarak, servis seviyesini karşılamak amacıyla tedarik süresince gerçekleşecek talebin %99'luk dilimine tekabül eden talep miktarı s, zorunlu sipariş seviyesi olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Ekonomik Sipariş Miktarı (ESM) Q, atıl para maliyeti ve operasyonel maliyetin ödünleşmesi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Son olarak, S seviyeleri, kasaların çekileceği üst seviye, s+Q olarak hesaplanmıştır. Ancak bu politikanın her bir birimin ziyaretini münferit olarak incelemesinin nakit yönetimi sistemi için uygun olmayabileceği düşünülmüştür. Çünkü sistemde zırhlı araçlar birimleri tek tek değil, birbirinin peşi sıra ziyaret etmektedir. Bu nedenle, sistem için bir koordineli ikmal politikası daha uygundur.

4.5.2 Operasyonel Kararlar için Koordineli İkmal Modeli

ATM'ler ve şubeler birlikte ziyaret edildikleri için koordineli bir ikmal politikası uygulamanın yararlı olacağı düşünülmüştür. Bu sebeple, ziyaret sıklıkları ve her bir ATM'ye yüklenecek ya da çekilecek nakit miktarlarının bir kümedeki bütün birimler dikkate alınarak hesaplanmasına karar verilmiştir.

4.5.3 Geçmiş Verinin İncelenmesi

Koordineli ikmal politikası belirleyebilmek için, her bir ATM'nin günlük ve yıllık talep miktarları 2013 verisine göre hesaplanmıştır. Maaş günleri (her ayın 1, 2, 14, 15 ve 16. günleri) talep yapısı diğer günlerden farklı olduğu için veriden çıkarılmıştır. Buna ek olarak, hafta sonlarının talep yapısı hafta içi günlerinden farklı olduğu ve hafta sonu ziyaretleri daha maliyetli olduğu için bir yıl 250 gün (hafta sonları hariç) olarak düşünülmüş ve hafta sonları için de farklı bir politika belirlenmesine karar verilmiştir.

4.5.4 Nakit Yönetim Sisteminin Operasyonel Düzeyde İncelenmesi

Oluşturulan kümeler incelendiğinde, genellikle kümelerdeki bir şubenin diğer şube ve ATM'lerden daha fazla ziyaret edildiği görülmüştür. Bir şube her talep ettiğinde ziyaret edilmesi gerektiğinden bir kümeye yapılacak ziyaret sayısının o kümedeki şubeler tarafından belirleneceği anlaşılmıştır.

Şube ve ATM'lerin tek tek ziyaret edileceği varsayımına sahip olsa da sistem için s-S politikası denenmiş ve ziyaret sıklıkları hesaplandığında, mevcut sistemde gözlemlendiği gibi, kümelerdeki bir şubenin diğer birimlerden daha fazla ziyaret edildiği görülmüştür. Bu gözlemlere göre, kümelerdeki ATM'lerin kasa yönetim politikalarının en sık ziyaret edilen şubenin ziyaret sayısına bağlı olarak belirlenebileceği düşünülmüştür.

4.5.5 Günlük Operasyonlar için Tavsiye Edilen Nakit Yönetim Politikası

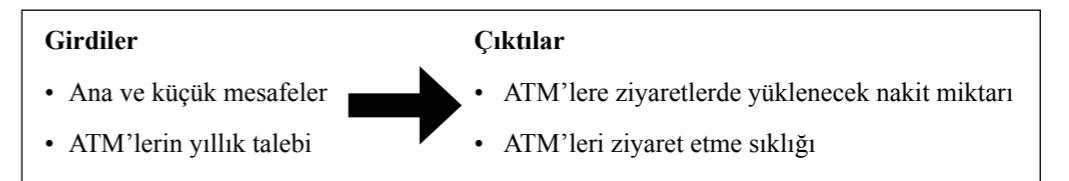
Nakit yönetim sistemini iyileştirmek için, ilerleyen bölümlerde ayrıntılı bir şekilde anlatılan koordineli ikmal modeli önerilmiştir. Fakat sistemde talep belirsiz olduğu için her bir ATM için servis seviyesinin %99 olmasını sağlayacak s değeri, geçmiş veriye göre hesaplanmıştır.

4.5.6. Silver'ın (1976) Koordineli İkmal Modeli

Bundan sonraki aşamada, atıl para maliyeti, servis seviyesi ve yol maliyeti dikkate alınarak, birimlere yapılacak ortalama ziyaret sayısı ve bu ziyaretlerde yüklenecek ya da çekilecek nakit miktarları belirlenmiştir.

Operasyonel kararlar için ilk olarak s-S politikası uygulanması düşünülmüştür. Bu yöntem ile tedarik süresi düşünülerek kasalarda tutulması gereken minimum nakit miktarı ve her bir ziyarette yüklenecek ya da çekilecek nakit miktarı belirlenmiştir. Fakat s-S politikasının, aynı turda art arda ziyaret edilebilecek ATM ve şubeler için operasyonel maliyetten tasarruf etmek açısından uygun olmadığı görülmüştür. Birimleri tek tek ziyaret etmek yerine, bu ziyaretleri koordine etmenin maliyetleri azaltabileceği düşünülmüştür.

Literatürde, Silver (1976) tarafından nakit yönetim sistemine uygun bir koordineli ikmal modeli önerilmiştir.



Şekil 5. Koordineli İkmal Modeli Bileşenleri

Silver 'ın(1976) ele aldığı sistemde, birden fazla ürünün bir tedarikçisi, bir ürün ailesini tedarik etmenin büyük bir maliyeti ve tedarik edilen her bir ürün için küçük bir maliyet bulunmaktadır. Nakit yönetim sistemi için; kümeler bir ürün grubu, ATM ve şubeler ürün ve vezneler ortak tedarikçi olarak düşünülmüştür. Silver (1976) tarafından önerilen modelin en önemli varsayımı, ürünlerin (şube ve ATM'ler) taleplerinin deterministik olmasıdır.

Nakit yönetim sisteminde talep, rastgele olduğu için, Silver'ın da (1976) belirttiği gibi, ESM modelinde

olduğu gibi, model, güvenlik stoku ile birlikte tedarik sıklıkları ve miktarlarını belirlemek için kullanılmıştır. Yani Silver'ın (1976) verdiği algoritma, s değerleri ile birlikte uygulanmıştır.

Bu algoritma, s değerleri ile birlikte nakit yönetim sistemi için uygun gibi görünse de uygulanabilmesi için bazı değişikliklerin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada amaç, şube ziyaretleri de düşünülerek ATM'ler için tedarik politikası belirlemektir. Şube talepleri şubeler tarafından belirlendiği ve şubelerdeki müşteri talepleri anında karşılanmak zorunda olduğu için, şubeler için bir tedarik miktarı, Q belirlenemez. Fakat, şube ve ATM ziyaretleri aynı zırhlı araçlarla yapılabileceği için bu ziyaretler birbirinden bağımsız da düşünülemez. Ayrıca bazı kümeler, şube ve ATM'leri birlikte içermektedir. Bu kümeler dikkate alınarak, Silver'ın (1976) önerdiği algoritma, bu kümelerdeki ATM'ler için tedarik politikası belirlenecek şekilde değiştirilmiştir. Buna ek olarak, şubelerdeki atıl para maliyeti şube müdürlerinin sorumluluğunda olduğu ve çalışma kapsamına alınmadığı için, maliyet fonksiyonundan şubelerin atıl para maliyeti çıkartılmıştır.

Gerekli değişiklik yapıldıktan sonra, algoritma oluşturulmuştur. Algoritmanın girdi ve çıktıları Şekil 5'te verilmiştir.

Algoritmada kullanılan semboller aşağıdaki gibidir:

n : kümedeki birim sayısı

i : birimin sırası; (İleride anlatılacağı gibi, $\frac{d_i}{R_i \times v_i}$ oranının küçüklüğüne göre birimler numaralandırılır.)

R_i : birim i 'nin yıllık talep miktarı

v_i : birim i 'nin değişken maliyeti

D : uzun mesafe yol maliyeti

d_i : i birimini ziyaret etmenin kısa yol maliyeti

T : kümenin ardışık iki ziyareti arasında geçen zaman

k_i : birim i 'ye yapılan bir ziyaretin yeterli olacağı süre için T 'nin tam sayı çarpanı

Q_i : birim i için tedarik miktarı

r : envanter tutma maliyeti

C_c : bir yıl için toplam envanter tutma maliyeti

C_s : bir yıl için toplam yol maliyeti

TRC : toplam maliyet

Toplam Maliyet

$$Q_i = R_i \cdot k_i \cdot T \quad (i: 1, 2, \dots, n)$$

$$C_c = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \cdot v_i \cdot r}{2} = \frac{r \cdot T}{2} \sum_{i=1}^n k_i \cdot R_i \cdot v_i$$

$$C_s = \frac{D}{T} + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{k_i \cdot T} = \frac{\left(D + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{k_i}\right)}{T}$$

$$TRC(T, k_i, s) = C_c + C_s = \left(\frac{r \cdot T}{2} \sum_{i=1}^n k_i \cdot R_i \cdot v_i\right) + \frac{\left(D + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{k_i}\right)}{T}$$

Buradaki amaç, toplam maliyeti minimize edecek T 'yi ve n tane tamsayı k_i 'yi seçmektir.

Silver'in (1976) verdiği bulgular şunlardır:

- Birimler $\frac{d_i}{R_i \cdot v_i}$ 'nin değerine göre sıralandığında, birim 1 için k_1 bire eşit olur.
- $k^*_j = \sqrt{\frac{s(j)}{R_j \cdot v_j}} \cdot \sqrt{\frac{R_1 \cdot v_1}{D + d_1}}$ 2 ve 2'den büyük her j için
- $T^* = \sqrt{\frac{2 \cdot \left(D + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{k_i}\right)}{r \cdot \sum_{i=1}^n k_i \cdot R_i \cdot v_i}}$

Silver'in (1976) verdiği bulgular, incelenen sistemde sadece ATM içeren kümeler için olduğu gibi uygulandı ve k_p , Q ve bu kümeler için toplam maliyet hesaplandı.

Daha önce belirtilen sebeplerden dolayı algoritma, şube ve ATM içeren kümeler için geliştirilmiştir.

Değişiklikler

- Toplam maliyet fonksiyonundan şubelerin atıl para maliyeti çıkartılmıştır.

- Şubeler için k_i hesaplanmamıştır.
- Şube içeren kümeler için en sık ziyaret edilen birim şube olduğu için, T bir şube tarafından belirlenmiştir.
- Sonuç olarak, aşağıdaki toplam maliyet fonksiyonu elde edilmiştir.

$$TRC(T, k_1, k_2, \dots, k_n) = C_c + C_s = \left(\frac{r \cdot T}{2} \sum_{i=1}^n k_i \cdot R_i \cdot v_i\right) + \frac{\left(D + \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{k_i}\right)}{T} \text{ her } i \text{ ATM'si için}$$

- Maliyeti minimize etmek için her ATM için k_i 'leri hesaplamak için toplam maliyet fonksiyonunun türevi alınmıştır.

$$\frac{\partial TRC}{\partial k_i} = \frac{r \cdot T}{2} \cdot R_i \cdot v_i - \frac{d_i}{k_i^2 \cdot T}$$

- Optimum çözüm için $(\partial TRC)/(\partial k_i)$ sifıra eşitlenmiştir.

$$k_i = \frac{1}{T} \cdot \sqrt{\frac{2d_i}{r \cdot R_i \cdot v_i}}$$

T değerleri şube ziyaretlerine göre belirlendikten sonra ATM'ler için tedarik sıklıkları ve miktarları hesaplanmıştır.

Silver'in (1976) Koordineli İkmal Modeli'ne göre, bir kümede en fazla ziyaret edilen birimin ziyaret sıklığına kümenin ziyaret sıklığı belirlenir. Bu birim ile aynı kümede yer alan diğer birimlerin ziyaret sıklığı en sık ziyaret edilenin tam katı olmak zorundadır. Böylece, birimlerin koordineli olarak ziyaret edilmesi sağlanmaktadır.

Bu algoritma sadece ATM içeren kümeler için doğrudan uygulanmıştır. Her gün ziyaret edilmeyen ve ayrıca şube içeren kümeler için ayrı uyarlamalara ihtiyaç duyulmuştur. Bu uyarlamalar, her gün ziyaret edilmeyen kümeler için kontrol seviyesi uyarlaması ve şube içeren kümeler için de ziyaret sıklığı uyarlamasıdır.

Kontrol Seviyesi Uyarlaması

Her gün ziyaret edilmeyen kümeler, algoritma dolayısıyla veznelere uzak olan (ikmal maliyeti fazla olan) kümelerdir. Bu yüzden de kümedeki birimlerden herhangi biri için kümeye gidildiğinde s seviyesinin

altına düşmemiş olsalar bile, diğer birimlerin de ikmal edilmesi operasyonel maliyeti düşürebilmektedir. Bu sebeple, kümelere gidişte ikmal gerektirmeyen birimler için belirlenecek bir kontrol seviyesi (c), sistemdeki maliyetler açısından faydalı olabilmektedir.

Kontrol seviyesinin hesaplanmasında, kümenin beklenen ziyaret sıklığı ve kümedeki birimlerin beklenen talepleri kullanılmıştır. Bir ATM için hesaplanacak kontrol seviyesi,

$$c = (T-1,5) \times \lambda + s$$

formülü ile hesaplanmıştır. Burada T , kümenin (beklenen) ziyaret sıklığı; λ , ATM'nin günlük ortalama talebini; s ise daha önceden belirtildiği gibi, 1,5 günlük talepten elde edilen güvenlik stokunu ifade etmektedir.

Ziyaret Sıklığı Uyarlaması

Daha önce de belirtildiği gibi, koordineli ikmal algoritması, temelde, bir kümedeki birimlerin taleplerine ve yakınlıklarına (ziyaret maliyetlerinin küçüklüğüne) göre birimlere katsayılar atamaktadır. Bu katsayılar göre de birimlerin beklenen ziyaret sıklıkları bulunur ve sonrasında da yükleme miktarları belirlenir. Fakat sistemdeki şubelerin taleplerinin belirsiz olması ve kontrol edilememesi, bu birimler için oluşturulması gereken katsayı hesabını aksatmaktadır. Bunun yanında, geçmiş veri incelendiğinde, kümelerde ziyaret sıklıkları en fazla olan birimlerin genel olarak şubelerden oluştuğu gözlenmiştir. Bu yüzden de algoritmada şubelerin ziyaret sıklıkları, geçmiş veriye dayanarak verilmiş, diğer birimlerin sıklıkları da buradan yola çıkılarak bulunmuştur. Yani bir kümede şube en sık ziyaret edilen birim ise kümenin ziyaret sıklığı bu şubenin ziyaret sıklığı olarak kabul edilmiştir.

s Seviyelerinin Düzeltilmesi

Belirlenen ziyaret sıklıkları ve tedarik süresi dikkate alınarak yeni s seviyelerinin belirlenmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bir ATM için talebi karşılayamama durumu tedarik süresince gerçekleşebilir. Dolayısıyla, tedarik süresi haricinde talebin %100 oranında karşılandığı düşünülmektedir. Yani, tedarik süresi boyunca sağlanacak servis seviyesi ile tedarik süresi dışında kalan (servis seviyesi %100 olan) günlerin servis seviyesinin ağırlıklı

ortalaması %99'u sağlayacak şekilde yeni s seviyeleri belirlenmiştir.

Hafta Sonu ve Özel Günler için Yapılan Eklmeler

Yapılan uyarlamalardan sonra algoritma, hafta içi sıradan günler için uygulanabilir duruma gelmiştir. Bu günlerde talebin benzer şekilde gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Ancak, önerilen sistemin uygulanabilir olması için hafta sonu ve özel günler (maaş günleri, bayram günleri vs.) için ayrı bir politikaya ihtiyaç duyulmuştur.

Geçmiş talep verileri incelendiğinde, özel günlerde talebin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu sebeple, hesaplanan s (zorunlu sipariş seviyesi) ve Q (yükleme miktarı) değerleri özel günler için geçerli değildir. Fakat algoritmanın, aynı kümede yer alan birimler için koordineli bir ikmal modeli önerdiği düşünüldüğünde, özel günlerin algoritmaya uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bunun üstesinden gelebilmek amacıyla, her bir ATM'nin özel gün ve normal gün talep verileri ayrı ayrı incelenmiş ve özel gün ortalama talebinin normal gün ortalama talebine oranı hesaplanmıştır. Bu talep fazlası, sanal günler oluşturularak algoritmaya eklenmiştir. Yani, özel günlerin talebini yüksek miktarlarda girmek yerine, talebi normal bir gün gibi olan sanal günler eklenmiştir. Örneğin özel gün ortalama talebi normal gün ortalama talebinin üç katı olan bir ATM için, özel günlerde fazladan ikişer sanal gün eklenmiştir. Bu durumda, her bir ATM'nin bir yılda içerdiği sanal gün sayısı farklıdır. Ancak, algoritma sonucunda elde edilen Q (yükleme miktarı) ve ziyaret sıklığı çıktıları, gerçek hayata geçirilirken söz konusu günün özel gün olup olmamasına dikkat edilmelidir.

Ek mesai ücretinin, atıl para maliyeti ile kıyaslanamayacak kadar yüksek olduğu göz önünde bulundurulduğunda, ATM ziyaretlerinin hafta sonu gerçekleşmeyeceği varsayılmaktadır. Bu durumda hafta sonu talebinin, hafta sonu öncesi yapılan en son ziyarette karşılanması gerekir. Bu amaçla, hafta sonu günlerinin talep verisi hafta içi verisinden ayrı incelenmiş ve ATM'lerin hafta sonu ortalama talep miktarları hesaplanmıştır. Herhangi bir ATM'ye, hafta sonu öncesinde yapılan son ziyarette yüklenecek (algoritmadan elde edilen) Q miktarına hafta sonu ortalama talebin iki katı eklenmelidir.

Hafta sonu öncesi son ziyarette yüklenecek nakit miktarı = $Q+2 \times \mu$

μ : hafta sonu ortalama talep miktarı

Bu uyarlamalar yapıldıktan sonra, düz, plus ve geri dönüşümlü ATM'ler için talep verileri algoritmada kullanılabilir hale getirilmiş ve bu talep verileri kullanılarak algoritma her ATM için uygulanmıştır.

5. HESAPLAMALI SONUÇLAR VE TARTIŞMA

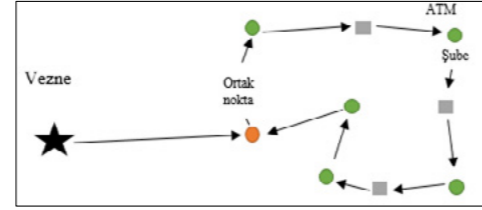
Bu bölümde, yukarıda önerilen çözüm yöntemlerinin sonuçları tartışılacaktır.

5.1 Toplam Yol Maliyetinin Hesaplanması

Koordineli İkmal Modeli yol maliyeti hesaplamasında, bir kümedeki birimlerin kümedeki ortak bir noktadan sonra birer birer ziyaret edildiğini varsaymaktadır (Şekil 6). Yani, ortak nokta ile diğer birimler arasındaki mesafe gidiş dönüş olarak düşünüldüğü için, gerçek hayatta kat edilen yol miktarına kıyasla yüksek tahmin edilmektedir. Bu nedenle, önerilen sistemin toplam yol maliyetini daha gerçekçi kılmak için her bir kümenin (bütün birimlerini kapsayan) rota maliyeti hesaplanmıştır. Bu hesaplamada da maliyet olduğundan yüksek tahmin edilmektedir. Çünkü her bir küme ziyaretinde kümedeki bütün birimler ziyaret edilmemektedir. Yine de bu hesaplama ile koordineli ikmal modelinde hesaplanan yol maliyetine kıyasla gerçeğe daha yakın bir sonuç elde edilmiştir.

5.2 Toplam Atıl Para Maliyetinin Hesaplanması

Daha önce de bahsedildiği gibi, şube kasalarında kalan nakitten kaynaklanan atıl para maliyeti veznelerin yetkinde değildir. Bu sebeple, yalnızca ATM'lerin atıl



Şekil 6. Yol Maliyeti Hesaplamasında Rota Yaklaşımı

para maliyeti hesaplanarak mevcut sistemle kıyaslanmıştır.

Ortalama kasa seviyesi hesaplanırken, iki ardışık ikmal arasında gerçekleşen ortalama talep miktarı $Q+1,5m$ şeklinde hesaplanmış ve tedarik süresi 1,5 gün olarak alınmıştır (Şekil 7). Bu nedenle, toplam atıl para maliyeti aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır:

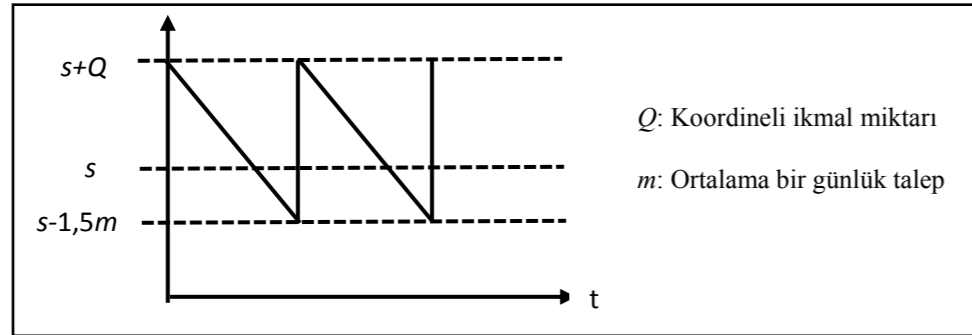
$$C_c = \sum_{i=1}^n \frac{2s_i + Q_i - 1,5m}{2} \times FTF \text{ her } i \text{ için}$$

(FTF: Güncel yıllık faiz oranı)

5.3 Mevcut Sistem ile Önerilen Sistemin Karşılaştırılması

Vezne konumları ve ilgili atamalar ile koordineli ikmal algoritması uygulandığında oluşan maliyetler ile mevcut sistemdeki maliyetler hesaplanıp Tablo 2'de karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma yapılırken hesaplamalarda yapılan varsayımlar, hem mevcut sistem hem de önerilen sistem için uygulanmıştır.

Bu karşılaştırma sonucunda (%99 servis seviyesi ile), yol maliyetinde mevcut sisteme kıyasla yaklaşık %8



Şekil 7. ATM'nin Kasa Seviyesinin Zamanla Değişimi

oranında bir artış gözlemlenirken; atıl para maliyetinde yaklaşık %48 oranında bir azalma gözlemlenmiştir. Sonuçta, toplam maliyette yaklaşık %36 oranında bir azalma elde edilmiştir. Önerilen sistemin maliyetleri güven aralığı ile ifade edilmiştir.

Tablo 2. Mevcut Sistem ve Önerilen Sistem Kıyaslaması

	Mevcut Sistem		Önerilen Sistem	
	Vezne	Zırhlı Araç Sayısı	Vezne	Zırhlı Araç Sayısı
Ordu		1	Ordu	1
Trabzon		3	Trabzon	3
Rize		1	Artvin Borçka	2
Artvin		1		
Yol Maliyeti	148.500		(158.000; 163.000)	
Atıl Para Maliyeti	496.500		(251.000; 255.000)	
Toplam Maliyet	645.000		(408.000; 413.000)	

6. SONUÇLARIN DOĞRULANMASI

Bu çalışmanın asıl amacı, gerçek hayatta uygulanabilecek bir nakit yönetim sistemi tasarlamaktır. Bahsedildiği gibi, çalışma kapsamında, bir bankanın nakit yönetim sisteminin tanımını yapabilmek, sistemde oluşabilecek problemleri görebilmek ve veri analizleri yapabilmek amacıyla Doğu Karadeniz Bölgesi üzerinde çalışılmıştır. Sonuçları sınamak ve gerçek hayatta uygulanabilir olduğunu görebilmek için pilot bölgedeki işleyişi anlatan bir benzetim modeli oluşturulmuştur. Model, 2013 yılının verileri kullanılarak çalıştırıldıktan sonra, talebin deterministik olmaması sebebiyle, benzetim modelinde farklı rassal değişkenler ile 10 tekrar yapılmış ve %95 olasılıkla güven aralığı oluşturulmuştur. Sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Atıl Para Maliyeti: (%48,7; %49,4) Azalma
- Yol Maliyeti: (%6,4; %10) Artma
- Toplam Maliyet: (%35,2; %36,6) Azalma

7. SENARYO ANALİZLERİ

7.1 Farklı Vezne Konumları ile Oluşturulan Senaryolar

Operasyonel ve taktiksel seviyedeki kararlar için

oluşturulan modellerden birinin çıktısı diğerinin girdisi olarak kullanıldığında ve bu şekilde modeller yinelemeli olarak çözüldüğünde farklı vezne konumları, atamalar ve gidiş sıklıkları gözlemek mümkündür. Koordineli ikmal modeli sonucunda elde edilen gidiş sıklıkları, tak-

tiksel seviyedeki kararlar için oluşturulan matematiksel modele parametre olarak girildiğinde, vezne konumları Ordu, Trabzon, Rize Pazar olarak bulunmuştur. İlk önerilen sistemdeki veznelere biri olan Artvin Borçka yerine Rize Pazar'da vezne açılması, toplam maliyette önemsenmeyecek kadar az bir değişikliğe sebep olmuştur. Fiziksel şartları alternatif yol yapımına elverişli olmayan yerler olan Artvin ve Rize bölgelerinden sorumlu olacak veznenin seçiminde esnek davranılabilmesi İş Bankası için kullanışlı olacaktır. Çünkü yolların ve vezne adayları şubenin şartları vezne olarak kullanılmaya uygun olmayabilir ve alternatif vezne adaylarına ihtiyaç duyulması kaçınılmazdır.

7.2 Farklı Vezne-Küme Atamaları ile Oluşturulan Senaryolar

Senaryo A

Toplam Vezne Sayısı: 3

Toplam Zırhlı Araç Sayısı: 6

Zırhlı Araçların Günlük Kullanılabilir Zamanı:

Ordu için 8 saat, Trabzon ve Artvin Borçka için 6 saat

Vezne-Küme Atamaları:

Ordu: 1, 2, 3

Trabzon: 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

Artvin (Borçka): 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17

Tablo 3. Senaryo A için Zırhlı Araç Atamaları ve Kullanım Oranları

	Zırhlı Araç Sayısı	Zırhlı Araçların Kullanım Oranı	Ek Mesai Süresi
Ordu	1	%95	-
Trabzon	3	%99	270 saat
Artvin (Borçka)	2	%99	-

Bu senaryo ile mevcut sistem kıyaslandığında, yaklaşık %35 oranında maliyette azalma gözlenmiştir.

Senaryo B**Toplam Vezne Sayısı:** 3**Toplam Zırhlı Araç Sayısı:** 6**Zırhlı Araçların Günlük Kullanılabilir Zamanı:**

Trabzon için 8 saat, Ordu ve Artvin Borçka için 6 saat

Vezne-Küme Atamaları:**Ordu:** 1, 2, 3**Trabzon:** 4, 5, 6, 7, 8, 9**Rize:** 10, 11**Artvin (Borçka):** 12, 13, 14, 15, 16, 17

Bu senaryo ile mevcut sistem kıyaslandığında, yaklaşık %33 oranında maliyette azalma gözlenmiştir.

Tablo 4. Senaryo B için Zırhlı Araç Atamaları ve Kullanım Oranları

	Zırhlı Araç Sayısı	Zırhlı Araçların Kullanım Oranı	Ek Mesai Süresi
Ordu	1	%71	-
Trabzon	3	%92	-
Artvin (Borçka)	2	%99	-

Tablo 5. Senaryo C için Zırhlı Araç Atamaları ve Kullanım Oranları

	Zırhlı Araç Sayısı	Zırhlı Araçların Kullanım Oranı	Ek Mesai Süresi
Ordu	1	%91	
Trabzon	2	%79	
Rize	1	%93	270 saat
Artvin (Borçka)	1	%99	

Vezne-Küme Atamaları:**Ordu:** 1, 2**Trabzon:** 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10**Artvin (Borçka):** 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17

Bu senaryo ile mevcut sistem kıyaslandığında yaklaşık %32 oranında maliyette azalma gözlenmiştir.

Senaryo C**Toplam Vezne Sayısı:** 4**Toplam Zırhlı Araç Sayısı:** 5**Zırhlı Araçların Günlük Kullanılabilir Zamanı:**

Ordu için 8 saat, Trabzon ve Artvin Borçka için 6 saat

8. UYGULAMA: KULLANICI ARAYÜZÜ

Kasa yönetimi ile ilgili yapılan çalışmalar kapsamında, koordineli ikmal politikasının kolay elde edilebilir olması, pilot bölge dışında da kullanılabilmesi ve güncel TCMB gecelik faizine, değişen talebe, yeni bankamatik ve şubelere bağlı olarak güncellenebilmesi için bir kullanıcı arayüzü oluşturulmuştur. Bu kullanıcı arayüzü, kullanıcının küme bilgilerini, küme içindeki bankamatik bilgilerini ve küme içindeki şube bilgilerini girmesine olanak sağlayan 3 kullanıcı formu içermektedir.

Küme bilgileri formuna şu bilgiler girilir:

- Küme Numarası
- **Küme Merkezi ile Vezne Arasındaki Mesafe:** Küme merkezi, bir zırhlı aracın kümeye girdiğinde herhangi bir birimi ziyaret etmek için geçtiği ortak nokta olarak belirlenir.
- Günlük Faiz Oranı
- **Küme Katsayısı:** Kümenin kullandığı zırhlı aracın kullanım oranına göre bir katsayı belirlenir. Bu katsayı normal şartlarda birim yol maliyetini temsil eder. Zırhlı araç kullanım oranı yüksek olan bir küme için güncel birim yol maliyetinden daha yüksek bir sayı girilerek, ziyaret sıklıkları koordineli ikmal kapsamında düşürmeye yarar.
- **Yılın İlk Günü:** Bankamatikler için girilen talep verisinin yılının, haftanın kaçınıcı günüyle başladığı belirtilir.
- **Çekme ve Yatırma Talep Verisinin Konumu:** Bankamatiklerin işlem bazındaki ham verisinin bulunduğu dosyanın bilgisayar içinde bulunduğu konumun adresi girilir.

Bankamatik bilgileri formuna şu bilgiler girilir:

- Bankamatik Numarası
 - **Bankamatik Tipi:** Bankamatik tipinin düz, plus veya geri dönüşümlü olmasına göre seçilir.
 - Bankamatik ile Küme Merkezi Arasındaki Mesafe
- Şube bilgileri formuna şu bilgiler girilir:**
- Şube Numarası
 - **Şube Ziyaret Sıklığı:** Şube için beklenen ziyaret sıklığı girilir.

Küme ve küme içindeki tüm birimler için gereken bilgiler girildiğinde, kullanıcı sonuçları, ister ve arayüz plus ve geri dönüşümlü bankamatikler için çekme-yatırma yoğunluğunu belirledikten sonra, bankamatik tipine göre:

- Düz bankamatik için, bankamatik beklenen tedarik süresi içinde ikmal edilmesi kararını gerektiren kasa seviyesini ve ikmal sonucu bankamatik ulaşması gereken kasa seviyesini verir. Bu seviyeler, özel gün olarak adlandırılan ve talebin farklı bir davranış sergilemesi beklendiği günler için ayrıca verilir. Bunun yanında, bankamatik hafta sonuna kadar tekrar

ziyareti beklenmemesi durumunda kullanılacak ayrı bir ikmal seviyesi daha verilir.

- Plus bankamatikler için, bankamatik çekme-yatırma yoğunluğu bilgisi ve bu bilgiye bağlı olarak, çekme kaseti için bankamatik beklenen tedarik süresi içinde ikmal edilmesi kararını gerektiren çekme kaseti seviyesi ve ikmal sonucu bankamatik ulaşması gereken çekme kaseti seviyesi bilgisinin yanında, yatırma kaseti için de kasanın beklenen tedarik süresi içinde boşaltılması kararını gerektiren yatırma kaseti seviyesi verilir. Özel günler için de bu seviyeler ayrıca verilir. Bunun yanında, bankamatik hafta sonuna kadar tekrar ziyareti beklenmemesi durumunda kullanılacak ayrı bir ikmal seviyesi daha verilir.
- Geri dönüşümlü bankamatikler için, bankamatik çekme-yatırma yoğunluğu bilgisi, ve bu bilgiye bağlı olarak, bankamatik çekme yoğunsa, beklenen tedarik süresi içinde ikmal edilmesi kararını gerektiren toplam nakit seviyesi ve ikmal sonucu bankamatik ulaşması gereken kasa seviyesi verilir. Bankamatik yatırma yoğun olması durumunda, bankamatikteki toplam nakit miktarının ulaşması durumunda boşaltma kararı alınması gereken seviye ve bankamatikte bırakılması gereken toplam nakit seviyesi verilir. Aynı seviyeler özel günler içinde verilir. Çekme yoğun bankamatikler için hafta sonundan önceki ziyarette ulaşılması gereken seviye de verilir.

Kullanıcı arayüzünün örnek görüntüleri Şekil 8'de verilmiştir.

9. SONUÇ

Bu çalışmada, İş Bankası'nın nakit yönetim sistemini iyileştirmek için vezne konumlarının, veznelerin birlikte çalışacağı şube, ATM ve TCMB şubelerinin belirlenmesi için oluşturulan matematiksel model ve kasa yönetim politikaları için koordineli ikmal modeli oluşturulmuştur. Oluşturulan modeller, Doğu Karadeniz Bölümü'nün verileri kullanılarak test edilmiş ve farkedilir bir iyileşme gözlemlenmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda bu modellerin diğer bölgeler için uygulanması ve geliştirilmesi tavsiye edilebilir.

Bankamatik Yükleme - Boşaltma Miktarları Sorgulama

1. Küme numarasını giriniz.
2. Kümenin merkezi olarak seçtiğiniz noktayla, kümedeki birimlerin kasa yönetiminden sorumlu vezne arasındaki mesafeyi kilometre cinsinden giriniz.

Küme Bilgileri

Küme No
Küme Merkezi - Vezne Arası Mesafe
Günlük Faiz
Küme Kastayısı
Yılın İlk Günü

Talep Verileri

Çekme Verisinin Konumu
Yatırma Verisinin Konumu

Küme Bilgileri Gir

Bankamatik Ekle

Şube Ekle

Sonuçları Göster

2. Şube için öngördüğünüz bir grup talebi sıklığı giriniz. Bunu öngörüyle geçmiş veriden bakarak edinebilirsiniz. Sıklığı gün cinsinden giriniz. Örneğin, şube ziyaret sıklığını "2" olarak girerseniz, şubenin 2 iş gününden birinde ziyaret edildiği anlamına gelir. Şube ziyaret sıklığını tam sayı şeklinde giriniz.

Kümenin bilgilerinizi ve küme içindeki tüm bankamatikler ve şubelerle ilgili bilgileri girdikten sonra, "Sonuçları Göster" butonunu kullanarak bankamatikler için yükleme ve boşaltma miktarlarını görebilirsiniz. Girdilerinizi kontrol etmek için GİRDİ sekmesini kullanabilirsiniz.

Bankamatik Yükleme - Boşaltma Miktarları Sorgulama

1. Küme numarasını giriniz.
2. Kümenin merkezi olarak seçtiğiniz noktayla, kümedeki birimlerin kasa yönetiminden sorumlu vezne arasındaki mesafeyi kilometre cinsinden giriniz.
3. Merkez Bankası günlük faizini giriniz.
4. Zirhli araçlarınızın kullanım yüzdesine göre [0.0, 5.0] skalasında küme için belirlediğiniz bir katsayısı giriniz. Bu katsayısı güncel birim kilometredeki yol maliyetini referans alarak azaltacak, yükleme miktarlarını düşürecektir. Düşük katı yükseltecektir.
5. Yıllık talep verisinin ait olduğu yılın ilk gününün, haf
6. Kümenin içindeki tüm bankamatiklerin işlem bazlı çe
giriniz.
7. Kümenin içindeki Plus ve Recycler tipteki bankamatik bulunduğ
konumu giriniz.

Kümenin içindeki her bankamatik için;
1. Bankamatik numarasını giriniz.
2. Bankamatik tipini giriniz.
3. Bankamatik ve kümenin merkezi arasındaki mesafeyi giriniz.
4. "Ekle" butonuna basınız.
Tüm bankamatikleri ekledikten sonra "Tamam" butonuna basınız.

Kümenin içindeki her şube için;
1. Şube numarasını giriniz.
2. Şube için öngördüğünüz bir grup talebi sıklığı giriniz. Bunu öngörüyle geçmiş veriden bakarak edinebilirsiniz. Sıklığı gün cinsinden giriniz. Örneğin, şube ziyaret sıklığını "2" olarak girerseniz, şubenin 2 iş gününden birinde ziyaret edildiği anlamına gelir. Şube ziyaret sıklığını tam sayı şeklinde giriniz.

Kümenin bilgilerinizi ve küme içindeki tüm bankamatikler ve şubelerle ilgili bilgileri girdikten sonra, "Sonuçları Göster" butonunu kullanarak bankamatikler için yükleme ve boşaltma miktarlarını görebilirsiniz. Girdilerinizi kontrol etmek için GİRDİ sekmesini kullanabilirsiniz.

Bankamatik Ekleme

Bankamatik No
Bankamatik Tipi
Bankamatik - Küme Merkezi Mesafe

Bankamatik Ekle

Şube Ekle

Sonuçları Göster

Şekil 8. Kullanıcı Arayüzü Örnek Görünümleri

TEŞEKKÜR

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

KAYNAKÇA

1. About Us. Türkiye İş Bankası. 2014. retrieved from http://www.isbank.com.tr/English/content/EN/About_Isbank/

Participations-419-412.aspx, son erişim tarihi: 02.07.2015

2. Klose, A. D. 2005. "Facility Location Models for Distribution System Design," European Journal of Operational Research vol. 162, p. 4-29
3. Silver, E. 1976. "A Simple Method of Determining Order Quantities in Joint Replenishments Under Deterministic Demand," Management Science, vol. 22, p. 1351-1361.
4. Wasserman, L. 2005. All of Nonparametric Statistics," Springer. Berlin.
5. Agarwal, P. K. 2003. "Clustering & Classification," Duke University.
6. Topaloğlu, E. 2011. "Bankalarda Nakit Yönetim Yapılanmasının Optimizasyonu," Kadir Has Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü. İstanbul.