

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BANKA ŞUBELERİ İÇİN UYGUN YER SEÇİMİNİN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Ayfer BAŞAR

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BANKA ŞUBELERİ İÇİN UYGUN YER SEÇİMİNİN BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

**Ayfer BAŞAR
(507092114)**

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Y. İlker TOPÇU

HAZİRAN 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507092114 numaralı Doktora Öğrencisi **Ayfer BAŞAR**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**BANKA ŞUBELERİ İÇİN UYGUN YER SEÇİMİNİN BELİRLENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Y. İlker TOPÇU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : **Yrd. Doç. Dr. Özgür KABAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Umut ASAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Dilay ÇELEBİ
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bülent ÇATAY
Sabancı Üniversitesi

Doç. Dr. Burçin BOZKAYA
Sabancı Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Bora ÇEKYAY
Doğuş Üniversitesi

Teslim Tarihi : **14 Mayıs 2014**

Savunma Tarihi : **13 Haziran 2014**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu çalışmada beni yönlendiren ve bana destek olan değerli tez danışmanlarım Prof. Dr. Y. İlker Topçu ile Yrd. Doç. Dr. Özgür Kabak'a; her zamanki sabırlı, anlayışlı, özverili, yardımsever ve samimi tutumlarından dolayı en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım. Ayrıca yüksek lisans ve doktora öğrenimim boyunca yol göstericiliği ve ilgisi sayesinde akademik gelişimime katkı sağlayan ve üzerimde büyük emeğe sahip olan tez izleme komitesi üyelerinden yüksek lisans tez danışmanım Doç. Dr. Bülent Çatay'a teşekkür ederim. Değerli görüşleri sayesinde tezin gelişmesine katkı sağlayan tez izleme komitesi üyelerinden Doç. Dr. Dilay Çelebi ve Doç. Dr. Burçin Bozkaya'ya teşekkürlerimi sunarım. Öte yandan savunma jürisinde yer alan ve desteğini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Umut Asan ile Yrd. Doç. Dr. Bora Çekyay'a teşekkür ederim. Tez çalışması boyunca ihtiyaç duyduğum verilerin temini konusunda yardımcı olan Doç. Dr. Burçin Bozkaya ve Ali Yeşilçimen ile doktora programı boyunca maddi destek sağlayan TÜBİTAK BİDEB'e teşekkürlerimi sunarım.

Öğrencilik yaşamım boyunca bana her konuda destek olan, İTÜ ve Sabancı Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde aynı sıraları paylaştığım değerli arkadaşlarıma teşekkür ederim. Doktora programı boyunca çalışmakta olduğum Fintek / Ziraat Teknoloji A.Ş. bünyesinde; İş Geliştirme, Danışmanlık Hizmetleri Direktörlüğü Program Yönetimi – 1, Talep ve Portföy Yönetimi ile Kalite ve Risk Yönetimi Müdürlüklerinde birlikte görev aldığım değerli mesai arkadaşlarım ve yöneticilerime, kriterlerin ağırlıklandırılması konusunda destek olan kurum personeline ve bana bu çalışmayı yürütme fırsatı sunan şirket yönetimine her konudaki anlayışlı, hoşgörülü ve yardımsever yaklaşımları nedeniyle teşekkür ederim.

Son olarak başta annem ve babam olmak üzere, her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Temmuz 2014

Ayfer BAŞAR
(Endüstri Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. YAZIN TARAMASI	7
2.1. Kapsama Temelli Modeller.....	9
2.1.1. Küme kapsama modelleri.....	10
2.1.2. En büyük kapsama modelleri	13
2.1.3. Yedek kapsama modelleri	18
2.2. P-Medyan Modeller	20
2.3. Perakende Sektöründe Yer Seçimi.....	22
2.4. Banka Şubesi Yer Seçimi ve Kullanılan Kriterler	24
2.5. Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri	30
2.5.1. Özel ağırlıklandırma yöntemleri	31
2.5.1.1. Doğrudan ağırlıklandırma	31
2.5.1.2. Dolaylı ağırlıklandırma	36
2.5.2. Nesnel ağırlıklandırma yöntemleri.....	38
2.6. Çözüm Yöntemleri	42
2.6.1. Kesin çözümün bulunmasını sağlayan yöntemler.....	42
2.6.1.1. Dal-sınır.....	43
2.6.1.2. Kesme düzlemi.....	43
2.6.1.3. Dal-kesme	44
2.6.1.4. Dinamik programlama	44
2.6.1.5. Lagrange gevşetme.....	45
2.6.2. Yaklaşık çözüm veren yöntemler.....	46
2.6.2.1. Sezgisel yöntemler	47
2.6.2.2. Meta sezgisel yöntemler.....	48
2.6.3. Yer seçimi problemleri için uygulanan çözüm yöntemleri	63
2.7. Normalizasyon Yöntemleri	65
2.8. Tahminleme Yöntemleri	66
2.9. Yazının Değerlendirilmesi	69
3. SEKTÖR İNCELEMESİ	71
4. ÖNERİLEN YÖNTEM	75
4.1. Kriterlerin Belirlenmesi.....	75
4.2. Kriterlerin Ağırlıklandırılması	79
4.3. Önerilen Tek Dönemli Matematiksel Model	82
4.4. Önerilen Tek Dönemli Modelin Rassal Veriler Aracılığıyla Doğrulanması... 87	

4.5. Önerilen Tek Dönemli Matematiksel Modelin Karmaşıklığı.....	88
4.6. Önerilen Çok Dönemli Matematiksel Model	89
4.7. Önerilen Çok Dönemli Modelin Rassal Veriler Aracılığıyla Doğrulanması ..	93
5. ÖNERİLEN YÖNTEMİN TÜRK BANKACILIK SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI	95
5.1. Kriterlerin Belirlenmesi.....	95
5.2. Kriterlerin Ağırlıklandırılması.....	100
5.3. Uygulanan Tek Dönemli Matematiksel Model	105
5.3.1. Tek dönemli matematiksel modelin Türk bankası için doğrulanması ...	106
5.3.2. Tek dönemli planlama için duyarlılık analizi.....	108
5.4. Uygulanan Çok Dönemli Matematiksel Model.....	110
5.4.1. Çok dönemli matematiksel modelin Türk bankası için doğrulanması...	111
5.4.2. Çok dönemli planlama için duyarlılık analizi	113
6. TEK DÖNEMLİ MATEMATİKSEL MODELİN ÇÖZÜMÜ	115
6.1. Tek Dönemli Model İçin Başlangıç Çözümü Bulma Yöntemleri	117
6.1.1. Tek dönemli model için rassal yöntem	117
6.1.2. Tek dönemli model için doğrusal programlama gevşetme yöntemi	118
6.1.3. Tek dönemli model için kriter bazlı yöntem	118
6.2. Tek Dönemli Model İçin Tabu Arama Yaklaşımı.....	119
6.3. Tek Dönemli Model İçin Deneysel Çalışma	124
7. ÇOK DÖNEMLİ MATEMATİKSEL MODELİN ÇÖZÜMÜ	133
7.1. Çok Dönemli Model İçin Başlangıç Çözümü Bulma Yöntemi.....	133
7.2. Çok Dönemli Model İçin Tabu Arama Yaklaşımı	134
7.3. Çok Dönemli Model İçin Deneysel Çalışma	136
8. BİR TÜRK BANKASININ İSTANBUL'DAKİ ŞUBELERİ İÇİN EN UYGUN YERLEŞİM YERİ BULUNMASI	141
8.1. Tek Dönemli Planlama	142
8.1.1. Tek dönemli TA sonuçları.....	144
8.1.2. Tek dönemli TA için duyarlılık analizi	145
8.2. Çok Dönemli Planlama.....	147
8.2.1. Çok dönemli TA sonuçları	148
8.2.2. Çok dönemli TA için duyarlılık analizi	150
9. SONUÇLAR	153
KAYNAKLAR.....	157
EKLER.....	179

KISALTMALAR

AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
AKM	: Ardışık Kapsama Modeli
ATM	: Otomatik Vezne Makinesi
BEKM	: Beklenen En Büyük Kapsama Modeli
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CR	: Tutarlılık Oranı
CRITIC	: Criteria Importance Through Intercriteria Correlation
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇKM	: Çift Kapsama Modeli
DEBKM	: Değiştirilmiş En Büyük Kapsama Modeli
DKKM	: Değiştirilmiş Küme Kapsama Modeli
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
EBHBM	: En Büyük Hazır Bulunma Modeli
EBKM	: En Büyük Kapsama Modeli
ELECTRE	: Elimination Et Choix Traduisant la Réalité
GEBKM	: Genelleştirilmiş En Büyük Kapsama Modeli
GSP	: Gezgin Satıcı Problemi
İETT	: İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel
KKM	: Küme Kapsama Modeli
KKLM	: Küme Kapsama Lokasyon Modeli
KV	: Karar Verici
NP	: Nondeterministic Polynomial
OKKLM	: Olasılıksal Küme Kapsama Lokasyon Modeli
POS	: Satış Noktası Terminali
RI	: Rassallık İndeksi
SAW	: Basit Toplamsal Ağırlıklandırma
SKKM	: Stokastik Küme Kapsama Modeli
TA	: Tabu Arama
TBB	: Türkiye Bankalar Birliği
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
VAF	: Varyans Artış Faktörü
YÇKM	: Yedek Çift Kapsama Modeli
YKM	: Yedek Kapsama Modeli

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Yazındaki vaka çalışmaları.	8
Çizelge 2.2 : Önem ölçeği (Saaty, 1990).....	33
Çizelge 2.3: Rassallık indeksi.....	35
Çizelge 2.4 : Permütasyon kodlamalı kromozom örnekleri.	55
Çizelge 2.5 : Yer seçimi konusunda kullanılan yöntemler.	64
Çizelge 4.1 : Yazında kullanılan kriterler.....	76
Çizelge 4.2 : Aylık ortalama işlem hacminin tahmini için kullanılan kriterler.	77
Çizelge 5.1 : Önerilen kriterler arası korelasyon.	97
Çizelge 5.2 : Önerilen kriterler arasındaki standardize edilmiş test istatistiği.	98
Çizelge 5.3 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli).....	101
Çizelge 5.4 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli).	102
Çizelge 5.5 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli).....	102
Çizelge 5.6 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli).....	102
Çizelge 5.7 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli).	102
Çizelge 5.8 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli).	102
Çizelge 5.9 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli).	103
Çizelge 5.10 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin nihai ağırlığı (tek dönemli).	104
Çizelge 5.11 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin nihai ağırlığı (çok dönemli).	104
Çizelge 5.12 : İkili karşılaştırmanın tutarlılık analizi.	105
Çizelge 5.13 : Bir bankanın Beşiktaş için uygulama sonuçları (tek dönemli).....	107
Çizelge 5.14 : Beşiktaş'taki tek dönemli planlamanın duyarlılık analizi.	110
Çizelge 5.15 : Bir bankanın Beşiktaş için uygulama sonuçları (çok dönemli).....	112
Çizelge 5.16 : Beşiktaş'taki çok dönemli planlamanın duyarlılık analizi.	114
Çizelge 6.1 : Türkiye'deki illerin mahalle, banka ve şube adetleri.	125
Çizelge 6.2 : Rassal problemler için CPLEX ve başlangıç çözümü (tek dönemli).	127
Çizelge 7.1 : Çok dönemli TA için komşuluk yapısı örneği.	135
Çizelge 7.2 : Rassal problemler için CPLEX ve DP – Gevşetme çözümü (çok dönemli).....	138
Çizelge 7.3 : Rassal problemler için çok dönemli TA ve CPLEX sonuçları.....	140
Çizelge 8.1 : Son 3 yıl içinde açıldığı için kapatılmayacak olan şubeler.	143
Çizelge 8.2 : Bir Türk bankası için İstanbul'da tek dönemli şube yeri seçimi (TA – 2).....	144
Çizelge 8.3 : TA sonuçlarına göre uygulama bankasının tek dönemli şube yeri değişikliği.	145
Çizelge 8.4 : TA – 2 ile İstanbul'daki tek dönemli planlamanın duyarlılık analizi.	147
Çizelge 8.5 : Bir Türk bankası için İstanbul'da çok dönemli şube yeri seçimi (TA).	148

Çizelge 8.6 : TA sonuçlarına göre uygulama bankasının çok dönemli şube yeri değişikliği.	149
Çizelge 8.7 : TA ile İstanbul'daki çok dönemli planlamanın duyarlılık analizi.....	151
Çizelge A. 1 : Şube yeri seçimini etkileyen ana kriterlerin karar matrisi.	180
Çizelge A. 2 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin karar matrisi.	180
Çizelge A. 3 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen alt kriterlerin karar matrisi. ...	180
Çizelge A. 4 : Sosyo ekonomik düzeyi etkileyen alt kriterlerin karar matrisi.	180
Çizelge A. 5 : Sosyal potansiyeli etkileyen alt kriterlerin karar matrisi.	181
Çizelge A. 6 : Ticari potansiyeli etkileyen alt kriterlerin karar matrisi.	181
Çizelge B. 1 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.....	182
Çizelge B. 2 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 1.....	182
Çizelge B. 3 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.....	182
Çizelge B. 4 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.....	182
Çizelge B. 5 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.	182
Çizelge B. 6 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.	183
Çizelge B. 7 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 1.....	183
Çizelge B. 8 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 2.....	183
Çizelge B. 9 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 2.....	183
Çizelge B. 10 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.....	184
Çizelge B. 11 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 2.	184
Çizelge B. 12 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 2.....	184
Çizelge B. 13 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 2.....	184
Çizelge B. 14 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 2... 184	184
Çizelge B. 15 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 3.....	185
Çizelge B. 16 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 3.... 185	185
Çizelge B. 17 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 3.....	185
Çizelge B. 18 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 3.	185
Çizelge B. 19 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 3.....	185
Çizelge B. 20 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 3.....	186
Çizelge B. 21 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 3... 186	186
Çizelge B. 22 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 4.....	186
Çizelge B. 23 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 4.... 186	186
Çizelge B. 24 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 4.....	187
Çizelge B. 25 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 4.	187

Çizelge B. 26 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 4.	187
Çizelge B. 27 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 4.	187
Çizelge B. 28 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 4... ..	187
Çizelge B. 29 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 5.....	188
Çizelge B. 30 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 5....	188
Çizelge B. 31 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 5.....	188
Çizelge B. 32 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 5.	188
Çizelge B. 33 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 5.	188
Çizelge B. 34 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 5.	189
Çizelge B. 35 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 5... ..	189
Çizelge B. 36 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 6.....	189
Çizelge B. 37 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 6....	189
Çizelge B. 38 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 6.....	190
Çizelge B. 39 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 6.	190
Çizelge B. 40 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 6.	190
Çizelge B. 41 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 6.	190
Çizelge B. 42 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 6... ..	190
Çizelge B. 43 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 7.....	191
Çizelge B. 44 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 7....	191
Çizelge B. 45 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 7.....	191
Çizelge B. 46 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 7.	191
Çizelge B. 47 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 7.	191
Çizelge B. 48 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 7.	192
Çizelge B. 49 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 7... ..	192
Çizelge B. 50 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 8.....	192
Çizelge B. 51 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 8....	192
Çizelge B. 52 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 8.....	193
Çizelge B. 53 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 8.	193
Çizelge B. 54 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 8.	193
Çizelge B. 55 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 8.	193
Çizelge B. 56 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 8... ..	193
Çizelge B. 57 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 9.....	194

Çizelge B. 58 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 9....	194
Çizelge B. 59 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 9.....	194
Çizelge B. 60 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 9.....	194
Çizelge B. 61 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 9.....	194
Çizelge B. 62 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 9.....	195
Çizelge B. 63 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 9... 195	
Çizelge B. 64 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 10.....	195
Çizelge B. 65 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 10..	195
Çizelge B. 66 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 10.....	196
Çizelge B. 67 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 10.....	196
Çizelge B. 68 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 10.....	196
Çizelge B. 69 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 10.....	196
Çizelge B. 70 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 10.	196
Çizelge C. 1 : Rassal problemler için tek dönemli TA – 1 ve CPLEX sonuçları....	197
Çizelge C. 2 : Rassal problemler için tek dönemli TA – 2 ve CPLEX sonuçları....	198
Çizelge C. 3 : Rassal problemler için tek dönemli TA – 3 ve CPLEX sonuçları....	199

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 : Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar	4
Şekil 2.1 : Karar hiyerarşisi örneği.	34
Şekil 3.1 : Toplam müşteri sayısının segmentlere ayrıştırılması.	73
Şekil 3.2 : Ürün gelirlerinin hesaplanması.	73
Şekil 3.3 : Şubenin toplam maliyetinin hesaplanması.	74
Şekil 4.1 : Tek dönemli planlamada kullanılması önerilen kriterler.	78
Şekil 4.2 : Matematiksel modelde kullanılan k_{im} , d_{im} ve S arasındaki ilişki.	85
Şekil 5.1 : Tek dönemli planlama için uygulamada kullanılacak kriterler.	99
Şekil 6.1 : Tek dönemli model için doğrusal programlama gevşetme yöntemi.	118
Şekil 6.2 : Tek dönemli model için kriter bazlı yöntem.	119
Şekil 6.3 : Tek dönemli model için önerilen tabu arama algoritması.	123
Şekil 7.1 : Çok dönemli model için doğrusal programlama gevşetme yöntemi.	134

BANKA ŞUBELERİ İÇİN UYGUN YER SEÇİMİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Teknolojik gelişmelere bağlı olarak banka şubeleri tarafından sunulan hizmetin karşılanabileceği alternatif kanallar olarak kredi kartları, telefon-internet bankacılığı, operasyon merkezi, otomatik vezne makineleri (ATM – “Automated Teller Machine”), satış noktası terminalleri (POS – “Point of Sale”) vb. kullanımında artış olmasına rağmen; mevcut müşterilerin bankaya sadakatini arttırmak, yeni müşteri elde etmek ve tüm müşterilerle iletişimi sürdürebilmek açısından şubeleşme, bankalar açısından önemini korumaktadır. Türkiye’deki nüfus ve şehirleşme oranındaki artış ile birlikte bankalar, müşteri sayısını arttırmak için şubeleşme konusundaki çalışmalarına hız vermiştir. Türkiye Bankalar Birliği tarafından sunulan istatistiki bilgilere göre, Türkiye’de hizmet veren banka şubelerinin sayısı 2012 yılında 10.159 iken 2013 yılında %7,8 artış ile 10.952 sayısına ulaşmıştır. Bu sebeple, şubelerin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesi, bankaların stratejik hedeflerine ulaşabilmesi için önemli bir husustur.

Şube yerleşimi için belirlenecek yer; başta bankanın strateji ve vizyonu, aday noktadaki müşteri profili ile şubenin yerleşeceği bölgenin özellikleri olmak üzere çok sayıda faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Yazında konuyla ilgili birkaç çalışma bulunmakta olup bu çalışmalar detaylı incelendiğinde ele alınan kriter ve matematiksel modellerin farklılık gösterebildiği, ortak bir kriter seti ve modelin olmadığı anlaşılmaktadır. Bu doktora tezinde, banka şubeleri için en uygun yerleşim yerinin bulunması ile ilgili özgün bir yöntem sunulmaktadır. Bu amaçla öncelikle, detaylı yazın araştırması yapılarak ve uzman görüşünden yararlanarak banka şubeleri için en uygun yerlerin belirlenmesini etkileyecek kriterler tespit edilmiştir. İkinci aşamada, bankacılık sektöründe deneyim sahibi uzmanların görüşlerinden yararlanarak ve ikili karşılaştırma yönteminin yardımıyla hiyerarşik yapıdaki kriterlerin dört farklı şube tipi için önem seviyesi belirlenmiştir. Önceliklendirilen kriterler, banka şubelerinin tek ve çok dönemli yerleşimi için uygulanmak üzere önerilen iki farklı matematiksel modelde kullanılmıştır. Önerilen modellerin büyük ölçekli problemler için en iyi çözümünün bulunamaması nedeniyle, Tabu Arama sezgisel yaklaşımı geliştirilmiş ve Tabu Arama ile elde edilen sonuçlar CPLEX 12.2 ile kıyaslanmıştır. Sonuç olarak, önerilen yöntem Türkiye’de hizmet veren büyük bir bankanın İstanbul’daki şube yeri seçim problemi için uygulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Banka şubesi, yer seçimi, kriter, öncelik, ikili karşılaştırma, matematiksel model, Tabu Arama, gerçek hayat uygulaması.

LOCATION PLANNING OF BANK BRANCHES

SUMMARY

Although technology has improved and distribution channels such as credit cards, mobile-internet banking, operation centers, automated teller machines, point of sales etc. have become alternative opportunities for reaching bank services, the branch offices are still important for the banks to gain new customers and keep in touch with them. Growth in population and urbanization in Turkey forces the banks to increase the number of their branch offices in service to reach new customers. According to the statistics of The Banks Association of Turkey, the number of total domestic bank branches has increased by 7.8% from 10,159 to 10,952 in the 2013. On the other hand, JPMorgan & Chase opened 89 new branches in June 2013, so that increased number of its branches from 5,608 to 5,697. In the same period, BB&T increased number of its branches from 1,775 to 1,851 (Retail Banker International, 2013). This shows that, by the effects of increase in total population, population per bank branch and individual earnings, banks try to increase the number of their branches, by locating them in the right places. Therefore, locating the branch offices in the best place is one of the most important decision problems for Turkish banks, as well as for the banks in other countries.

Finding the best location for bank branches depends on a number of distinct measures that differ according to the banks' strategies and vision, customer profile in the potential location and features of the place where the branches will be located. In order to open new branches, banks can focus on the places where they or their competitors have no branches, often areas involving industrial and commercial activities, organized industrial zones, shopping centers, collective housing areas, touristic regions, universities etc. Depending on the bank's strategies; economic development level, population and demographic characteristics, distribution network, latent customers and their proximity to the potential markets, physical location, credit and deposit potential of the candidate regions may be important factors in terms of branch location. Meanwhile, due to the different characteristics of the customers effective on transaction volume, banks prefer to open varied types of branches (individual, commercial, corporate, private, entrepreneurial etc.) to minimize their costs and maximize their business process efficiency. Thus, importance and effect of the characteristics of the potential locations can differ depending on the branch type. For example, in regions where commercial and industrial activities are high and big investments are made, commercial and corporate branches are generally selected, while places where population and/or level of collective housing is high are chosen for individual banking. Also, branches providing private banking services are mostly located where average household income is high.

There are several studies in the literature about finding the best place for bank branches. Detailed literature review shows that different criteria and mathematical models are used for the problem of bank branch location where common criteria do not exist. In most studies, different statistical techniques and criteria are discussed for

the decision-making problem of finding the best places for bank branches. Clawson (1974) proposed Stepwise Linear Regression to solve bank branch location problem, setting realistic performance standards for different potential sites, and specifying remedial actions for poorly performing branches from a sample of 26 branches. Boufounou (1995) used Regression Analysis and conducted some statistical tests to determine the priority and significance level of related criteria for a Greek bank in order to evaluate existing branches' performance, assess performance of potential sites and place branches in more efficient locations. Ravallion and Wodon (2000) also used Regression Analysis to explain the relationship between economic indicators and the location of Bangladesh's Grameen Bank's branches to measure potential gains of switching out of farming.

Since it considers multiple criteria, Multi Criteria Decision Making (MCDM) models are very common for bank branch location problems. Because of the uncertainties in the comparisons of the criteria and the alternatives, fuzzy set theory is used very frequently. For instance, Min (1989) proposed Fuzzy goal programming method to find the most appropriate places for commercial bank branches in Ohio. In order to select one among six cities in South Eastern Anatolia for opening a new branch, Cinar (2009) used Fuzzy Analytic Hierarchy Process (AHP) to find the priorities of the related criteria and TOPSIS to rank the cities. Rahgan and Mirzazadeh (2012) used Fuzzy AHP to specify the weights of criteria and evidential reasoning to order the alternatives. As a result of the improvements in information technologies, Morrison and O'Brien (2001) used Geographical Information Systems (GIS) by using a spatial interaction model (Huff, 1963) in four stages: The probability of customers visiting a branch is estimated, the expected distribution of customers is distributed, the expected number of transactions at a given branch is computed and the impact of removing one or more branches from the network is analyzed.

Although the mathematical programming literature related to facility location problems is rich, studies specific to bank branch location problems are scarce. In one of the earliest methods, Min and Melachrinoudis (2001) proposed a three-hierarchical location-allocation model for bank branches by considering risk and uncertainty, where a chance constrained goal programming model was developed by using forecasting techniques. The methodology was applied in a province in the USA. Miliotis et al. (2002) introduced a two-step methodology in which firstly the minimum number of branches to meet coverage requirement was found and then locations of branches to maximize the coverage was determined. Wang et al. (2002) considered the problem of locating automated teller machines (ATMs), internet mirror sites, or other immobile (permanent location) service systems of limited service capacity. They model these service facilities as simple M/M/1 queuing systems and solve the model using three different heuristic approaches. Wang et al. (2003) developed a mathematical model for the branch location in Amherst, New York. Unlike the P-Median model, the model consists of a budget constraint related to opening and closing branches. Zhang and Rushton (2008) proposed a model maximizing total benefit with the budget constraints related to opening branches and the waiting time of the customers. Alexandris and Giannikos (2010) proposed a new model for maximal covering location problem and illustrated the applicability of the proposed model by means of a case study concerning the location of bank branches. The aim of the model is to maximize the total population covered by the selected branches. Xia (2010) formulated a mathematical programming model considering operations and rental costs, demand and distance between branches.

On the other hand, different solution methods are used for bank branch location problem in the literature. Miliotis et al. (2002) used GIS and applied their methodology to a bank in Greece. Wang et al. (2003) developed Greedy Interchange, TS and Lagrangean Relaxation to apply this NP-Hard model for the branch location in New York by using 270 generated problems. Zhang and Rushton (2008) used Genetic Algorithm to solve their proposed problem. Xia (2010) proposed a hybrid nested partitions algorithm to solve the large scale problem.

As a result of the literature review, we concluded that the bank branch location problem is studied mostly as an MCDM. The mathematical programming models in the literature, on the other hand, concentrate on modeling and solving the pre-defined problem. They do not provide any information regarding specifying the criteria and do not consider the multiple criteria nature of the problem. To the best of our knowledge, there is no integrated methodology that combines problem structuring phase (i.e., as in MCDM models) and mathematical programming models for the bank branch location problem.

This thesis presents a methodology to find the best location of bank branches. For this aim, firstly, a number of criteria are selected by the help of a detailed literature review and expert judgments. According to the experts' judgments and detailed literature review, average transaction volume is the most effective factor for bank branch profit. Moreover, the distance between all the potential points is another main criterion, especially to avoid opening multiple branches close to each other. Thus, it is determined that the opening of new branches in close proximity should be penalized. Moreover, experts indicate that costs of opening a new branch as well as closing an existing one are other important criteria for bank branch location problems. Also, sub criteria affecting the transaction volume of bank branches are determined. Subsequently priorities of these criteria for four different types of bank branches are identified based on expert judgments using pairwise comparisons. The priorities are used in two new mathematical models developed to decide the best branch locations of bank branches in Turkey for single and multi-period planning. The objective function of the models maximizes the total net profit, as the difference between the total benefits of expected average monthly transaction volume minus the penalty of opening branches nearby to each other, cost of opening new and closing available branches. The number of branches to be opened for each type is limited depending on the budget constraint. Also, some branches cannot be closed by the strategy (referring branches opened in the last three years in this thesis, according to the expert opinion). Since optimal solution cannot be easily found for big regions, a Tabu Search heuristic approach is developed for both models and the results are benchmarked with CPLEX 12.2. Finally, the proposed methodology is applied for a large Turkish national bank's branch location problem in Istanbul.

Keywords: Bank branches, location, criteria, priorities, pairwise comparison, mathematical modeling, Tabu Search, real life application.

1. GİRİŞ

Bankalar, elde ettikleri mevduatı müşterilerine kredi aracılığıyla tahsis eden; kâr sağlamak amacıyla sermaye ve kredi ile ilgili çeşitli işlemler yapan aracı kuruluşlardır. Müşterilerine sundukları hizmetler açısından kamu yararını gözetmekte olup, milli gelirin artmasına ve küresel ekonominin gelişmesine katkı sağlarlar. Şubeler ise, bankaların mevcut ve potansiyel müşterilerine ulaşma amacına hizmet eden dağıtım kanalları olup, doğrudan iletişim sayesinde müşterilerin sunulan hizmetten yararlanabildikleri alanlardır.

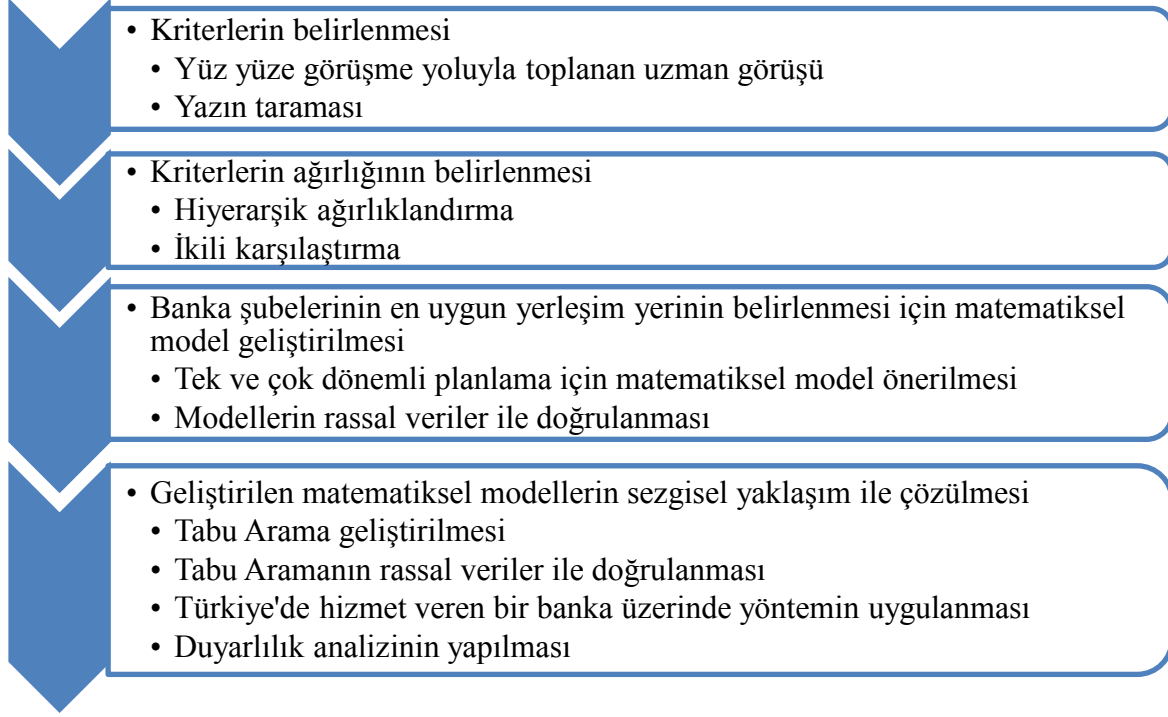
Teknoloji ve iletişim alanındaki gelişmelere bağlı olarak banka şubelerinde sunulan birçok hizmetin sağlanabildiği; kredi kartları, ATM, telefon ve internet bankacılığı, görüntülü işlem merkezleri, satış noktası, operasyon merkezi vb. alternatif imkânların sayısı yakın zamanda hızla artmıştır. Şube dışı alternatif hizmet kanallarının bankacılık işlemlerindeki payının artmasına rağmen şubelerde verilen her türlü hizmetin alternatif dağıtım kanallarında sunulabilmesi imkânsızdır. Öte yandan, bankaların yeni müşteri kazandığı, müşterileri ile iletişimi güçlendirerek onları kalıcı kıldığı kanal olması ve çoğu müşterinin ilk erişim noktası olarak hâlâ şube bankacılığını tercih etmesi nedeniyle şubelerin varlığı sektör açısından göz ardı edilemez niteliktedir. Bu sayede bankalar, alternatif dağıtım kanallarını şubelerin operasyonel iş yükünü hafifletecek alanlar olarak kullanıp müşterinin bankaya kazandırıldığı yer olan şubelerinin sayılarını arttırmayı ve şubelerde daha çok pazarlamaya yönelik hizmet sunmayı tercih etmektedir. Türkiye Bankalar Birliği (TBB) tarafından yayınlanan 23.06.2014 tarihli güncel bilgilere göre; 33 adedi mevduat, 13 adedi kalkınma ve yatırım bankası olmak üzere Türkiye’de hizmet vermekte olan 46 bankanın yurt içinde toplam 11.009, yurt dışında ise 80 şubesi bulunmaktadır. Tam bir yıl önceki (23.06.2014 tarihli) verilere göre, 32 adedi mevduat bankası olmak üzere Türkiye’de hizmet vermekte olan toplam 45 bankanın yurt içinde 10.450, yurt dışında ise 79 şubesi bulunmaktadır. Bu durum, son 1 yıl içinde Türkiye’de yeni bir bankanın hizmet vermeye başladığını ve toplam şube sayısının %5,35 oranında

arttığını göstermektedir. Mevcut durumda Türkiye’de hizmet veren 11.009 adet şubenin 3.127 adedi İstanbul’da, 1.088 adedi Ankara’da ve 788 adedi İzmir’dedir. Böylece bankaların; rekabetin yüksek, nüfusun kalabalık olduğu şehirlerde şubeleşmeyi tercih ettiği görülmektedir (TBB, 2014). Öte yandan Retail Banker International tarafından sunulan bilgilere göre, 2012 yılının Haziran ayında Amerika Birleşik Devletleri’nde 5.608 adet şube ile hizmet vermekte olan JPMorgan & Chase, 2013 yılının Haziran ayı itibariyle şube sayısını 89 adet arttırarak şube sayısı 5.697 seviyesine ulaşmıştır. Aynı dönem arasında BB&T Bankası, şube sayısını 1.775 adetten 1.851 âdete yükseltmiştir (Retail Banker International, 2013). Bu durum; nüfus artışı, şube başına düşen nüfusun yükselmesi, ekonomik açıdan ilerleme, kişi başı gelirin artmaya başlamasının da etkisiyle Türkiye ve yurt dışında hizmet vermekte olan bankaların şube sayısını arttırma eğilimi gösterdiğinin kanıtıdır. Bu nedenle şubeler için uygun yer seçimi, bankaların stratejik hedeflerine erişebilmesi açısından gittikçe daha önemli hale gelmektedir.

Yeni açılacak şubelerin yer seçiminde göz önünde bulundurulacak özellikler, bankaların stratejilerine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bankalar, kendi / rakip banka şubelerinin hiç bulunmadığı, sanayi ve ticaretin yoğun olduğu alanlara odaklanabilirken organize sanayi bölgeleri, alışveriş merkezleri, toplu konut bölgeleri, turistik yöreler ile üniversitelerin bulunduğu bölgeleri kuruluş açısından hedef bölge olarak ele alabilmektedir. Aday bölgelerin ekonomik gelişim düzeyi, nüfus ve demografik özellikleri, dağıtım ağı itibariyle bankaya sağlayacağı fayda, hedef müşteri ve pazarlara yakınlığı, fiziki konumu, kredi ve mevduat potansiyeli de bankanın stratejilerine bağlı olarak şube yeri seçimi açısından önem teşkil edebilmektedir.

Öte yandan işlem hacminde etkin olan müşteri özelliklerinin farklılığı nedeniyle bankalar, maliyeti düşürmek ve iş süreçlerini arttırmak açısından önem teşkil eden segmentasyon sayesinde bireysel, kurumsal, ticari, girişimci, özel, KOBİ vb. farklı bankacılık hizmetleri sunan şubeler açmaya odaklanmaktadır. Açılacak olan şube tipine bağlı olarak aday noktaların özellikleri ve etkisi değişebilmektedir. Örneğin, ticari ve kurumsal şube açılışı için ticari faaliyetlerin yoğun olduğu, büyük yatırımların yapıldığı ve sanayileşmenin arttığı yerler tercih edilmekte iken toplu konutların olduğu kalabalık yerleşim bölgelerinde bireysel şubelerin açılması tercih edilmekte, gelir durumu yüksek potansiyel müşterilerin yaşadığı bölgelerde ise özel bankacılık hizmeti verilmektedir.

Bu doktora tezinin temel amacı, banka şubelerinin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesine destek olacak bir yöntem geliştirmektir. Ele alınan konunun, bir çeşit yer seçim problemi olması dolayısıyla yazındaki konuyla ilgili çalışmalar (Kapsama Temelli ve P-Medyan Modeller) ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca, banka şubesi yer seçimi konusundaki çalışmalar ile kesin ve yaklaşık sonuç veren çözüm yöntemleri araştırılmış olup, şubelerin en uygun yer seçiminin belirlenmesi ile ilgili olarak ortak bir kriter setinin olmadığı anlaşılmıştır. Böylece, yazın taraması ve uzman görüşünden yararlanarak, bankaların şube yeri seçiminde etkin kriterler tespit edilmiştir. Yazındaki çalışmalardan yararlanarak ele alınan kriterlerin ağırlıklandırılması için uygun yöntemler belirlenmiştir. Problemin tek ve çok dönemli olarak en iyi çözümünün bulunması için iki matematiksel model geliştirilmiştir. Tek dönemli modelde, her şube tipinden açılacak en büyük sayıda şube kısıtı ve belli noktalarda hizmet vermekte olan şubelerin strateji gereği kapatılmaması kısıtı ile bankanın bir dönemlik (yıllık) net kazancının, çok dönemli modelde ise bu kısıtlara ilaveten yeni açılan bir şubenin en az 3 yıl boyunca hizmet verme zorunluluğu dâhilinde bankanın 4 dönemlik toplam net kazancının en büyüklenmesi hedeflenmiştir. Önerilen iki matematiksel modelin de NP-Zor olması, böylece aday nokta sayısının büyük olduğu problemlerde en iyi çözümün bulunamaması nedeniyle meta sezgisel yöntem olan Tabu Arama (TA) ile çözüm aranmıştır. Önerilen TA yönteminde, tek dönemli modelin çözümü için 3, çok dönemli modelin çözümü için 1 başlangıç çözümü kullanılmıştır. Rassal veriler üzerinde doğrulanan metodoloji, Türkiye’de hizmet veren bir bankanın İstanbul’daki şubelerinin tek ve çok dönemli planlaması üzerinde uygulanmış, ayrıca modelin tutarlılığı ve sonuçların gürbüzlüğünün test edilmesi için duyarlılık analizi yapılmıştır. Özetle, tez kapsamında gerçekleştirilen 4 aşamalı çalışma Şekil 1.1’de gösterilmiştir:



Şekil 1.1 : Tez kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar.

Bu doktora tezinin özgün yanı ve akademik yazına sağladığı katkı şu şekildedir:

- ✓ Banka şubelerinin uygun yer seçimi için etkin kriterlerin belirlenmesi,
 - Mevcut çalışmalarda ortak karar setinin olmaması,
 - Mevcut çalışmalarda sadece Regresyon Analizi, AHP, TOPSIS yöntemleri kullanılarak kriter belirleme ve yer seçimi,
 - Bu çalışmada, uzman görüşü ve yazın taraması ile belirlenen kriterlerin matematiksel modellerde kullanılması,
- ✓ Kriterlerin doğru şekilde ağırlıklandırılması,
 - Kriterlerin ikili karşılaştırılması,
 - Farklı bankalarda görev almış uzmanların görüşünden yararlanma,
- ✓ Problemin çözümüne yönelik yeni tek ve çok dönemli matematiksel modellerin önerilmesi,
 - Doğrudan şube yeri belirleme ile ilgili mevcut durumda yazında sadece iki matematiksel modelin varlığı,
 - Çalışmada önerilen modeller yardımıyla bankaların kısa ve uzun vadeli planlamasına katkı sağlama,

- Önerilen modellerin şube açma – kapama durumuna izin vermesi, böylece hizmet vermekte olan / yeni açılacak bankalar için uygulanabilmesi,
- Ulaşım ağı referans alınarak birbirine yakın noktalarda aynı tip şube açmanın cezalandırılması,
- ✓ Modellerin çözümü için başarılı sonuç veren bir yöntemin geliştirilmesi,
 - TA yaklaşımının uygulanması,
 - Aday nokta sayısı büyük olan ve en iyi çözümü bulunamayan problemlerde CPLEX'e kıyasla daha iyi ve hızlı sonuç elde etme,
- ✓ Önerilen yöntemin Türk bankacılık sektöründe uygulanması,
 - 763 aday noktaya (mahalle) sahip İstanbul'da toplam 185 şubesi olan bir banka için en iyi şube yerlerinin belirlenmesi,
 - Kriter ağırlığının sonuca etkisinin düşük olması sayesinde önerilen metodolojinin gürbüz olduğunun gösterilmesi.

Tezin 2. Bölümünde genel ve bankacılık yer seçimi ile ilgili yazında yer alan çalışmalar sunulacak, 3. Bölümde Türkiye'de hizmet veren iki büyük bankada şube yeri seçimi ile ilgili uygulanan yaklaşım anlatılacak, 4. Bölümde önerilen yöntemin ayrıntılarından bahsedilecektir. 5. Bölümde önerilen yöntem, Türkiye'de hizmet veren bir bankanın İstanbul ilinin Beşiktaş ilçesindeki şube yeri seçimi üzerinde doğrulanacaktır. 6. Bölümde önerilen tek, 7. Bölümde ise çok dönemli matematiksel modellerin çözümü için geliştirilen sezgisel ve meta sezgisel yöntemler detaylandırılacak, 8. Bölümde önerilen yöntemler bir Türk bankasının İstanbul'daki şubelerinin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesi için uygulanacak, 9. Bölümde ise sonuçlar özetlenecektir.

2. YAZIN TARAMASI

Uygun yer seçimi problemleri, stratejik planlama açısından kamu kuruluşları ve özel sektör firmaları için büyük önem teşkil etmektedir. Konuyla ilgili çalışmaların ilki, Alfred Weber tarafından 1909 yılında sunulan ve tek bir satış merkezi ile iki adet talep noktası arasındaki mesafenin en küçüklenmesini hedefleyen çalışmadır (Owen ve Daskin, 1998). Sonrasında Hakimi (1964), polis merkezlerinin yeni yerleşim yerlerini belirlemeye çalışmış, devamında yer seçimi ile ilgili çalışmalara, özellikle son yıllarda yazında sıkça yer verilmiştir. Çalışmaların amacı, yerleşim yeri belirlenen işletme tipine (okul, hastane, banka şubesi vb.) bağlı olarak değişmekle birlikte genelde düşük maliyet ve enerji kullanımı ile yüksek esneklik, teslimat hızı, hizmet kalitesi vb. açılardan avantajlı bölgelerdeki uygun yeri belirlemektir (Yang ve Lee, 1997). Yazındaki çalışmalar incelendiğinde itfaiye, ambulans, polis ekipleri, acil yardım uyarı sireni, banka şubesi vb. yer seçimi çalışmalarına rastlanmaktadır. Ayrıca ele alınan problem, önerilen model ve çözüm yöntemlerinin uygulandığı gerçek hayat uygulamalarının da yaygın olduğu görülmüştür. Farklı tipte hizmet noktaları için yerleşim seçimi ile ilgili vaka çalışmalarının bir kısmı Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Yazındaki vaka çalışmaları.

Makale	Yayın Tarihi	Konu	Uygulama Yeri
Schreuder	1981	İtfaiye istasyonları	Rotterdam
Current ve O'Kelly	1992	Acil yardım uyarı sireni	Batıda bir şehir
Kaufman ve Mote	1994	Banka şubesi	Chicago
Repede ve Bernardo	1994	Acil yardım araçları	Louisville, Kentucky
Gendreau	2000	Ambulans	Avusturya
Ravallion ve Wodon	2000	Banka Şubesi	Bangladeş
Min ve Melachrinoudis	2001	Banka Şubesi	ABD
Harewood	2002	Ambulans	Barbados
Miliotis ve diğ.	2002	Banka şubesi	Yunanistan
Wang ve diğ.	2003	Banka şubesi	New York Amherst
Abbasi	2003	Banka şubesi	Ürdün
Zhao ve diğ.	2004	Banka şubesi	Sydney
Tavakoli	2004	Acil yardım istasyonları	Fayetteville
Murray	2005	Acil yardım uyarı sireni	Ohio
Arogundade	2005	İtfaiye ve acil yardım istasyonları	Nijerya
Farahani ve Asgari	2007	Askeri depo	Persia
Çatay ve diğ.	2008	Acil yardım istasyonları	İstanbul
Berman ve diğ.	2009	Polis ve itfaiye ekipleri	Quebec ve Ontario
Alexandris ve Giannikos	2010	Banka şubesi	Atina
Curtin ve diğ.	2010	Polis karakolu	Dallas
Erdemir ve diğ.	2010	Ambulans	New Mexico
Cinar ve Ahiska	2010	Banka şubesi	Türkiye, Güneydoğu Anadolu Bölgesi
Çatay	2011	İtfaiye istasyonları	İstanbul
Paradi ve Zhu	2014	Okul	Napoli

Yazındaki yer seçimi problemleri ile ilgili çok sayıdaki yaklaşım; model yapısına göre deterministik – stokastik, zamanla değişkenliğine göre statik – dinamik, modelleme yapısına göre tam sayılı – dinamik – hedef – bulanık programlama ya da doğrusal olmayan, çözüm yapısına göre optimal – sezgisel – meta sezgisel – simülasyon yöntemlerini kullanma durumuna vb. bağlı olarak sınıflandırılabilir. Yer seçimi problemleri ile ilgili en bilinen sınıflandırma Daskin (1995) tarafından önerilmiş olup problemlerin,

- ✓ Düzlem (sürekli), ağ veya ayrık yapıda olmasına göre,
- ✓ Mesafe ölçüsüne göre,
- ✓ Yerleştirilecek tesis sayısına göre,
- ✓ Statik ya da dinamik yerleşim modeli olmasına göre,

- ✓ Deterministik ya da olasılık taşıyan (probabilistik) olmasına göre,
- ✓ Özel sektör veya kamu sektörü problemleri olmasına göre,
- ✓ Tek ya da çok amaçlı olmasına göre,
- ✓ Esnek olan ya da olmayan talep durumuna göre,
- ✓ Kapasite açısından kısıtlı ya da kısıtsız olmasına göre,
- ✓ Talebin en yakın tesisten ya da dağıtılarak karşılanmasına göre,
- ✓ Hiyerarşik ya da tek aşamalı olmasına göre,

çalışmalar gruplandırılmıştır. Arabani ve Farahani (2012), yazında yer alan yer seçimi problemleri ile ilgili birçok çalışmayı özetlemektedir. Başar (2012) ise acil yardım hizmetlerinin etkin bir şekilde planlanması için yer seçimi üzerine taksonomik bir inceleme yapmıştır. Bu çalışmada, kurulacak birimin tipine ve amaç fonksiyonuna göre Bölüm 2.1’de Kapsama Temelli ve Bölüm 2.2’de ortalama ulaşım mesafesi/zamanını en küçükleyen P-Medyan Modeller olarak iki farklı kategoride incelenen yer seçimi modelleri ele alınacaktır. Ayrıca problemin benzerliği dolayısıyla Bölüm 2.3’te Perakende Sektöründe Yer Seçimi Problemi incelenecektir. Bölüm 2.4’te Banka Şubesi Yer Seçimi ve Kullanılan Kriterler ile ilgili yazındaki çalışmalardan bahsedilecek, Bölüm 2.5’te Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri, Bölüm 2.6’da ise Çözüm Yöntemleri detaylandırılacaktır. Ayrıca farklı ölçekteki kriterler için alternatiflerin aldığı değerlerin aynı boyuta indirgenerek standart hale getirilmesi amacıyla ihtiyaç duyulan Normalizasyon Yöntemleri Bölüm 2.7’de anlatılacaktır. Uygulama esnasında temin edilemeyen verilerin belirlenmesi için Bölüm 2.8’de Tahminleme Yöntemleri incelenecektir. Son olarak, Bölüm 2.9’da konuyla ilgili yazındaki çalışmalar genel olarak değerlendirilecektir.

2.1. Kapsama Temelli Modeller

Kapsama temelli modeller, talep ve hizmet noktaları arasındaki mesafe ya da ulaşım süresinin kabul edilebilir düzeyde olmasını temel alır. Böylece bu modellerde, mesafe ya da ulaşım süresi için bir üst limit tanımlanmaktadır. Eğer tanımlı bu süre ya da mesafe limiti dâhilinde hizmet noktasından talep noktasına erişilebiliyorsa, talep noktası kapsanmaktadır. Küme Kapsama Modeli (KKM – “Set Covering Location Model”), En Büyük Kapsama Modeli (EBKM – “Maximal Covering Location Model”) ve Yedek

Kapsama Modeli (YKM – “Backup Coverage Model”), kapsama temelli modellerin en önemli örnekleri arasında sayılabilir.

2.1.1. Küme kapsama modelleri

Kapsama temelli modellerin ilk örneği Toregas ve diğ. (1971) tarafından önerilen KKM'dir. Bu modelin amacı, tüm talep noktalarının kapsanması kısıtını sağlayacak şekilde en az sayıda hizmet noktasının yerleşimini bulmaktır. Modelin ilk uygulamasına, ReVelle ve diğ. (1976) tarafından gerçekleştirilen acil yardım istasyonlarının yerleşimi konusundaki çalışmada rastlanmıştır. En büyük mesafe ya da ulaşım süresi içinde tüm nüfusun en az bir acil yardım istasyonu tarafından kapsandığı uygulamada, açılan toplam acil yardım istasyon sayısı en küçüklenmeye çalışılmıştır. Ancak Brotcorne ve diğ. (2003)'de bahsedildiği üzere talep noktalarının kapsanması sırasında, hizmet noktaları ya da araçların meşgul olma durumu göz önünde bulundurulmamaktadır. Yazındaki birçok modele temel oluşturan KKM'nin formülasyonu şu şekildedir:

I talep noktaları kümesi,

J hizmet noktaları kümesi,

d_{ij} = i talep noktası ile j potansiyel hizmet noktası arasındaki en küçük mesafe ya da ulaşım süresi,

S = talep noktasının istenen zaman ya da mesafe içinde kapsandığını gösteren standart,

$N_i = \{ j \mid d_{ij} \leq S \}$

$x_j = \begin{cases} 1, j \text{ noktasında kurulum gerçekleşmişse} \\ 0, \text{aksi durumda} \end{cases}$

$$Z(\min) \quad \sum_{j \in J} x_j$$

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq 1, \quad \forall i \in I \quad (2.1)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (2.2)$$

Modelin formülasyonundan anlaşılacağı üzere N_i , i talep noktası için S mesafesi uzaklığında yer alan potansiyel hizmet noktalarının kümesini göstermektedir. Bu küme içinde yer alan noktalardan birinde kurulum gerçekleşmesi halinde, i talep noktası kapsanmaktadır. Amaç fonksiyonunda, açılan toplam hizmet noktası sayısının en küçüklendiği, Kısıt (2.1)'de talep noktalarının en az bir hizmet noktası tarafından

kapsanması gerektiği ve Kısıt (2.2)'de ise tüm değişkenlerin ikili olduğu görülmektedir. Modelin yapısından da anlaşılacağı üzere KKM, dal-sınır algoritması ya da doğrusal gevşetme yöntemleri ile kolayca çözülebilir.

Yazında KKM'nin uzantısı niteliğinde çok sayıda çalışma yer almaktadır. Bazaraa ve Goode (1975), yeni açılan hizmet noktalarının birbirleri ile ilişkili olduğu düşüncesinden yola çıkarak Kuadratik Küme Kapsama Modeli'ni tanıtmıştır. Klasik KKM'nin formülasyonunda görüldüğü üzere, hizmet noktaları sınırsız kapasiteye sahiptir. Ancak gerçek hayattaki birçok kapsama temelli uygulamada her hizmet noktası sınırlı sayıda talep noktasının isteğine yanıt verebilmektedir. Buradan hareketle, Current ve Storbeck (1988), KKM'ye kapasite kısıtlarını ekleyerek çözmüştür. Love ve diğ. (1988), çok amaçlı problem örneği olarak tüm talep noktalarının en yakın hizmet noktasına mesafesini en küçükleyen KKM'yi incelemiştir. Öte yandan ReVelle ve Hogan (1989a), Olasılıksal Küme Kapsama Lokasyon Modeli'ni (OKKLM – “Probabilistic Location Set Covering Model”) ele almış, özellikle acil yardım istasyonlarının yer seçiminde önem teşkil eden dinamik yaklaşımdan bahsetmiştir. Bir talep noktasına ulaşmak amacıyla, bu noktayı kapsayan bir hizmet noktasındaki aracın yola çıkması sonucu bazı noktaların artık kapsanmaması sorunun çözümüne yönelik ReVelle ve Hogan (1989a) iki model geliştirmiştir. Ortak tüm değişken ve parametrelerin KKM'de tanımlandığı üzere kullanıldığı OKKLM'nin formülasyonu şu şekildedir:

a : İstenen olasılık düzeyi,

F_i : i talep noktasındaki saat başına kümülatif çağrı sayısı x çağrının ortalama süresi (h),

b_i : $1 - (F_i / b_i)^{b_i} \geq a$ kuralına uyan en küçük tam sayı,

$$Z(\min) \quad \sum_{j \in J} x_j$$

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq b_i, \quad \forall i \in I \quad (2.3)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (2.4)$$

ReVelle ve Hogan (1989a) tarafından önerilen birinci model, p adet hizmet noktasının uygun yerleşim yerine karar vermek için *alfa* düzeyinde güvenilir hizmetin varlığı arasındaki en büyük sürenin en küçüklendiği duruma örnektir. İkinci modelde ise, hizmetin en küçük güvenilirliğini en büyükmek amacıyla p adet hizmet noktası için

uygun yer belirlenmektedir. Kolen ve Tamir'in (1990) tarif ettiği çoklu kapsama modelinde her talep noktası, sayısı yeni hizmet noktalarının türüne bağlı olmakla birlikte birden fazla yer tarafından kapsanmakta ve belli bir potansiyel alana yerleştirilebilecek hizmet noktası sayısının üst limiti bulunmaktadır. Ball ve Lin (1993), araçların sabit maliyetlerinin en küçüklenmesi amacıyla Değiştirilmiş Küme Kapsama Modeli'ni (DKKM – “Modified Location Set Covering Model”) önermiştir. Küçük olan zaman dilimi içinde belli oranda talebin kapsanması ve her potansiyel hizmet noktasına en fazla belli sayıda araç atanması kısıtları olan bu modelde, gelen çağruların karşılanmama olasılığının belirlenen değeri aşmasını engellemek için meşguliyet olasılığının bir üst limiti bulunmaktadır. Ayrıca Marianov ve ReVelle (1994), KKM'nin farklı bir uzantısı olarak kuyruk modeli geliştirmiştir. Hwang (2002)'de tarif edilen Stokastik Küme Kapsama Modeli (SKKM – “Stochastic Set Covering Model”), tedarik zinciri problemi için iki aşamalı bir yaklaşım içermektedir: İlk aşamada, belli sayıda potansiyel hizmet noktaları arasından en az sayıda depo ya da dağıtım merkezinin uygun yer seçimine yönelik matematiksel model geliştirilmiştir. Her talep noktasının kapsanma olasılığının önceden tanımlanmış kritik bir düzeyin altında olmaması dolayısıyla problem SKKM'ye örnek teşkil etmektedir. Modelde, tüm depo ve dağıtım merkezlerinin daima hazır olduğu varsayılmıştır. İkinci aşamada, Genetik Algoritma kullanılarak araç rotalama problemi çözülmektedir. Ortak tüm değişken ve parametrelerin KKM'de tanımlandığı üzere kullanıldığı SKKM'nin formülasyonu şu şekildedir:

c_{ij} : i ve j noktaları arasındaki taşıma maliyeti,

a_i : İstenen hizmet düzeyi,

r_i : Kritik hizmet düzeyi,

P : Olasılık,

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & P(c_{ij} \leq a_i) \geq r_i \text{ ise} \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}$$

$$Z(\min) \quad \sum_{j \in J} x_j$$

$$\sum_j a_{ij} x_j \geq 1, \quad \forall i \in I \quad (2.5)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (2.6)$$

Klasik KKM'deki belirsizliğin ortadan kaldırılması amacıyla Hwang ve diğ. (2004), Bulanık KKM'yi önermiş, Chiang ve diğ. (2005) ise bulanık modeli basite indirgemek amacıyla problemi yeniden formüle etmiştir. Murray ve diğ. (2010), Küme Kapsama Lokasyon Modeli'ni (KKLM – “Location Set Covering Model”) tanıtmıştır. Her talep noktasının birden fazla hizmet noktası tarafından kısmi olarak kapsandığı, ortak tüm değişken ve parametrelerin KKM'de tanımlandığı üzere kullanıldığı KKLM'nin formülasyonu şu şekildedir:

K : Kapsama düzeyi kümesi,

b_k : k düzeyinde gerekli en az kapsama düzeyi oranı,

a_k : k . düzeyde tam kapsama sağlanması için gerekli en az hizmet noktası sayısı,

Q_{ik} : En az b_k ile i talep noktasını kapsayan hizmet noktalarının kümesi,

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, & i \text{ noktası } k \text{ düzeyinde istenen standartlar dahilinde kapsanırsa} \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} Z(\min) \quad & \sum_{j \in J} x_j \\ & \sum_{j \in Q_k} x_j \geq a_k y_{ik} \quad \forall i \in I, k \in K \end{aligned} \quad (2.7)$$

$$\sum_k y_{ik} = 1, \quad \forall i \in I \quad (2.8)$$

$$y_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, k \in K \quad (2.9)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (2.10)$$

Amaç fonksiyonu, klasik KKM'de olduğu gibi kurulacak en küçük hizmet noktası sayısını, Kısıt (2.7), talep noktasının k düzeyinde tamamen kapsanması için a_k adet hizmet noktasının açılması gerektiğini, Kısıt (2.8) k düzeyindeki kapsamanın varlığını, Kısıt (2.9) ve (2.10) ise ikili değişkenlerin tanımını göstermektedir.

2.1.2. En büyük kapsama modelleri

Church ve ReVelle (1974) ile White ve Case (1974), tüm talep noktalarının eşit derecede öneme sahip olduğu EBKM'yi tanıtmıştır. KKM'den farklı olarak EBKM, tüm talep noktalarının kapsanmasını zorunlu tutmamaktadır. EBKM'de bütçe kısıtının etkisi ile sınırlı sayıda hizmet noktası açılmakta ve standartlar dâhilinde kapsanan talep noktası sayısı en büyüklenmektedir. Bu model aracılığıyla, mevcut hizmet noktalarının etkinliği

kolaylıkla ölçülebilmekte ve açılacak yer sayısının arttırılmasının ek maliyeti ile kazandıracağı kapsama karşılaştırılabilmektedir. Ortak tüm değişken ve parametrelerin KKM’de tanımlandığı üzere kullanıldığı EBKM’nin formülasyonu şu şekildedir:

$p =$ Açılacak hizmet noktası sayısı,

$h_i = i$ noktasının (nüfus ya da sayı açısından) talebi,

$a_{ij} = \begin{cases} 1, i \text{ talep ve } j \text{ hizmet noktası arasındaki mesafe standartlar dahilinde ise} \\ 0, \text{aksi durumda} \end{cases}$

$y_i = \begin{cases} 1, i \text{ noktası istenen standartlar dahilinde kapsanırsa} \\ 0, \text{aksi durumda} \end{cases}$

$$\begin{aligned} Z(\text{maks}) \quad & \sum_{i \in I} h_i y_i \\ y_i \leq \sum_j a_{ij} x_j \quad & \forall i \in I \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\sum_j x_j = p \quad (2.12)$$

$$x_j, y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (2.13)$$

Amaç fonksiyonunda, kapsanan talep noktalarının ağırlıklı ortalaması en büyüklenmektedir. Kısıt (2.11), S dâhilinde en az bir hizmet noktasının kurulması halinde i talep noktasının kapsandığını, Kısıt (2.12), toplam açılabilir hizmet noktası sayısını, Kısıt (2.13) ise tüm değişkenlerin ikili olduğunu göstermektedir. EBKM’nin çözümü için Church ve ReVelle (1974) doğrusal programlama ile dal-sınır algoritması, Daskin (1995) ile Schilling ve diğ. (1993) “Greedy” ve Miyop sezgisel yöntemler, Daskin (1995) ile Galvao ve ReVelle (1996) Lagrange Gevşetme yöntemini kullanmıştır. Schilling ve diğ. (1979) tarafından önerilen Ardışık Kapsama Modeli’nde (AKM – “Tandem Equipment Allocation Model”) verilen farklı iki araç tipi ihtiyacı ve araç kısıtlarına karşılık, bir aracın atanması için diğ.erin de atanmış olması şartı ile kapsanan nüfus en büyüklenmeye çalışılmaktadır. Daskin (1983) tarafından geliştirilen Beklenen Enbüyük Kapsama Modeli’nde (BEKM – “Maximal Expected Covering Location Problem”), toplam araç sayısına bağlı olarak sağlanabilecek en fazla hizmete karşılık, gelen çağrılarının sıklığı ve bu çağrılarının gerektirdiği toplam hizmet süresi hesaba katılarak tüm araçlar için eşit olduğu varsayılan bir meşguliyet olasılığı kullanılmaktadır. Bu model aracılığıyla, belli araç kısıtları dâhilinde talep noktalarını kapsayan araç sayısının artmasına bağlı olarak amaç fonksiyon değeri azalarak artacak şekilde,

beklenen talebin kapsanması en büyüklenmektedir. Ortak tüm değişken ve parametrelerin KKM ve EBKM’de tanımlandığı üzere kullanıldığı BEKM’nin formülasyonu şu şekildedir:

N_i : i talep noktasını tamamen kapsayan hizmet noktaları kümesi,

n_j : N_i ’de yer alan maksimum sayıdaki araç sayısı,

q : Hizmet noktasının meşguliyet olasılığı,

a : Güvenilirlik seviyesi,

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, & i \text{ noktası standartlar dahilinde en az } k \text{ hizmet noktası tarafından kapsanırsa} \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}$$

$$Z(\text{maks}) \quad \sum_{i \in I} \sum_{k=1}^{n_i} a_i (1-q) q^{k-1} y_{ik}$$

$$\sum_{k=1}^{n_i} y_{ik} \leq \sum_{j \in N_i} x_j \quad \forall i \in I \quad (2.14)$$

$$\sum_j x_j = p \quad (2.15)$$

$$y_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, k \in K \quad (2.16)$$

$$x_j \text{ Tamsayı} \quad \forall j \in J \quad (2.17)$$

Amaç fonksiyonunda, beklenen talebin kapsanması en büyüklenmektedir. Kısıt (2.14), talep noktası ile komşusu olan ve kapsandığı araç sayısı arasındaki ilişkiyi, Kısıt (2.15) toplam hizmet verecek araç sayısını, Kısıt (2.16) kapsama değişkenlerinin ikili olduğunu, Kısıt (2.17) ise aynı hizmet noktasında birden fazla aracın konumlandırılabilceğini göstermektedir. Bianchi ve Church (1988) ile Batta (1989), BEKM’nin uzantısı niteliğinde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Öte yandan Goldberg ve Paz (1991)’de, belirlenen zaman limiti dâhilinde karşılanacak şekilde beklenen çağrı sayısını en büyüklenmektedir. Jarvis (1975)’te bahsedilen ortalama hizmet süresinin hesaplanmasına dayalı olarak model doğrusal değildir ve hizmet süresinin büyüklüğü, talep noktalarının yerine bağlı olup araçların meşguliyet seviyesi birbirinden bağımsızdır. Current ve Storbeck (1988), KKM örneğinde olduğu gibi EBKM için de hizmet noktasının kapasite kısıtlarını modele dâhil etmiştir. ReVelle ve Hogan (1989b), temeli EBKM’ye dayanan En Büyük Hazır Bulunma Modeli (EBHBM – “Maximal

Available Location Problem”) şeklinde iki ayrı stokastik model önermiştir. EBHBM – 1’de (MALP – I), tüm hizmet noktaları için eşit olduğu varsayılan meşgulliyet olasılığına bağlı olarak belirlenen bir güvenilirlik değeri söz konusudur. Talep noktasının ihtiyacına karşılık verebilecek en az bir tane hizmet noktasının var olma olasılığı, en az güvenilirlik derecesine eşit olabilmektedir. Tüm noktalar için eşit olacak şekilde, güvenilirlik derecesine bağlı olarak talep noktalarının en az sayıda ihtiyaç duyduğu hizmet noktası sayısı tespit edilmektedir. Modelde, açılabilir hizmet noktası sayısına dair bir kısıt bulunmaktadır ve kapsanan talep noktası sayısı ya da nüfus en büyüklenmektedir. Yine ortak tüm değişken ve parametrelerin KKM ve EBKM’de tanımlandığı üzere kullanıldığı EBHBM - 1’in formülasyonu şu şekildedir:

d : Bir çağrının ortalama süresi,

a : Güvenilirlik seviyesi,

$$q = d * \sum_{i \in I} h_i / 24 \sum_{j \in J} x_j$$

$$b = [\log (1 - a) / \log q]$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, i \text{ noktası standartlar dahilinde en az } k \text{ hizmet noktası tarafından kapsanırsa} \\ 0, \text{ aksi durumda} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} Z(\text{maks}) \quad & \sum_i h_i y_{ik} \\ & \sum_{k=1}^b y_{ik} \leq \sum_{j \in N_i} x_j \quad \forall i \in I \end{aligned} \quad (2.18)$$

$$y_{ik} \leq y_{i,k-1} \quad \forall i \in I, k = 2, \dots, b \quad (2.19)$$

$$\sum_j x_j = p \quad (2.20)$$

$$x_j, y_{ik} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J, k \in K \quad (2.21)$$

EBHBM - 1’nin amaç fonksiyonunda, α güvenilirlik düzeyinde kapsanan nüfus en büyüklenmektedir. Kısıt (2.18) değişkenler arasındaki ilişkiyi, Kısıt (2.19) kapsama düzeyleri arasındaki mantıksal ilişkiyi, Kısıt (2.20) açılacak toplam hizmet noktası sayısını, Kısıt (2.21) ise değişkenlerin ikili olduğunu göstermektedir. EBHBM -2’nin öncekinden tek farkı, her talep noktasının ihtiyaç duyduğu en az sayıdaki hizmet noktalarının sayılarının birbirinden farklı olmasıdır. Böylece EBHBM –1’de tanımlanan

b , b_i olarak değişmiş olup b_i , her i talep noktası için $1 - (F_i / b_i)^{b_i} \geq a$ eşitsizliğini sağlayan en küçük tamsayıdır.

EBKM, temelde kapsama değişkenlerinin ikili olması yani talep noktasının ya tamamen kapsandığı ya da kapsanmadığı prensibine dayanır. Böylece klasik EBKM’de kısmi kapsama söz konusu değildir. Ancak, gerçek hayat problemlerinin birçoğunda bu varsayım çürütülmektedir. Berman ve Krass (2002), kapsama düzeyinin en yakın hizmet noktasına uzaklığın artmayan bir fonksiyonu olarak ele alındığı Genelleştirilmiş En Büyük Kapsama Modeli’ni (GEBKM – “Generalized Maximal Covering Location Model”) önermiştir. Berman ve diğ. (2003), GEBKM’yi genişleterek aşamalı olarak azalan kapsama modelini tanıtmıştır. Bu modele göre, eğer bir talep noktası ($S_1 < S_2$ olacak şekilde) en yakın hizmet noktası tarafından S_1 den daha küçük mesafe / süre içinde kapsanıyorsa “tamamen”, S_1 ve S_2 arasındaki bir mesafe / süre içinde kapsanıyorsa “kısmi” kapsanmakta, en yakın hizmet noktasından erişimin S_2 ’den daha büyük olması halinde hiç kapsanmamaktadır. Karasakal ve Karasakal (2004) tarafından önerilen, ortak tüm değişken ve parametrelerin KKM ile EBKM’de tanımlandığı üzere kullanıldığı diğer aşamalı kapsama modeli şu şekildedir:

M_i : i talep noktasını tamamen kapsayan hizmet noktaları kümesi,

S ve T : Sırasıyla en büyük tam ve kısmi kapsama mesafe ya da süresi ($T > S$),

d_{ij} = i talep noktası ile j potansiyel hizmet noktası arasındaki en küçük mesafe ya da ulaşım süresi,

$f(d_{ij})$ = Kısmi kapsama fonksiyonu,

c_{ij} = i talep noktası ile j potansiyel hizmet noktası arasındaki kapsama düzeyi,

$y_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ talep noktası } j \text{ noktası tarafından tamamen ya da kısmen kapsanırsa} \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}$

$c_{ij} = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq S \text{ ise} \\ f(d_{ij}), & S < d_{ij} \leq T (0 < f(d_{ij}) < 1) \text{ ise} \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}$

$Z(\text{maks})$

$$\sum_i \sum_{j \in M_i} c_{ij} y_{ij}$$

$$y_{ij} \leq x_{ij}$$

$$\forall i \in I, j \in M_i$$

(2.22)

$$\sum_{j \in M_i} y_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in I \quad (2.23)$$

$$\sum_j x_j = p \quad (2.24)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in M_i \quad (2.25)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (2.26)$$

Amaç fonksiyonunda, kapsama düzeyi en büyüklenmektedir. Kısıt (2.22) j noktasından hizmet sağlanmaması halinde i talep noktasının tamamen ya da kısmen kapsanmayacağını, Kısıt (2.23) talep noktasının en fazla bir hizmet noktası tarafından kapsanacağını, Kısıt (2.24) açılabilir en fazla hizmet noktası sayısını, Kısıt (2.25) ve (2.26) ise değişkenlerin ikili olduğunu göstermektedir.

Alexandris ve Giannikos (2010), kısmi kapsama modelinin çözümü için Coğrafi Bilgi Sistemi'ni (CBS) kullanmış, böylece talep noktalarının diğer modellere kıyasla daha yüksek oranda kapsandığını göstermiştir.

2.1.3. Yedek kapsama modelleri

KKM ve EBKM modelleri, talep noktalarının yalnız bir defa kapsanmasına dayanır. Bu durumda, bir hizmet noktasının meşgul olması durumunda, talep noktalarının kapsanamama durumu söz konusu olacağı için bu talep noktasına, kurulacak hizmet noktası yerleşim planı ve kısıtları göz önünde bulundurularak çoklu kapsama sağlayacak modellere ihtiyaç duyulmuştur. Bunun için Daskin ve Stern (1981) tarafından Değiştirilmiş En Büyük Kapsama Modeli (DEBKM – “Modified Maximal Covering Location Model”) ortaya atılmıştır. Bu modelde, tüm talep noktalarının en az bir defa kapsanması koşulu ile öncelikle kapsanan nüfus en büyüklenmeye çalışılırken, daha sonra da bir defadan fazla kapsanan talep noktalarının sayısı en büyüklenmektedir. Hogan ve Revelle (1986) tarafından, YKM adlı EBKM'yi temel alan DEBKM'nin geliştirilmiş iki farklı modeli önerilmiştir. Birinci modelde, belli hizmet noktası ve araç kısıtı dâhilinde en az iki kere kapsanan nüfus en büyüklenmeye çalışılmakta iken ikinci modelde ise yine belli hizmet noktası ve araç kısıtı için, saptanan önem derecelerine göre ağırlıklandırılmış şekilde bir veya iki defa kapsanan talep en

büyüklenmektedir. Pirkul ve Schilling (1989), yeni kurulan her hizmet noktasının kapasitesinin sınırlı olduğu, talep noktasına birincil ve yedekli hizmet verildiği esasına dayanan model önermiş ve problemi Lagrange Gevşetme yöntemi ile çözmüştür. Yedek kapsama ilkesini temel alan bu modeller, talep noktalarının yalnız bir zaman dilimi içinde birden fazla sayıda kapsanmasını sağlamaktadır. Church ve Murray (2009), YKM’yi de içerecek şekilde kapsama temelli yer seçim modellerini incelemiştir. Curtin ve diğ. (2010), polis karakolu için uygun yer seçiminin belirlenmesi amacıyla her talep noktasının rastgele sayıda hizmet noktası tarafından kapsandığı YKM’yi önermiştir. Erdemir ve diğ. (2010) tarafından önerilen YKM’de ise birincil kapsamanın ağırlıklı kombinasyonu en büyüklenmektedir.

Gendreau ve diğ. (2000) tarafından sunulan Çift Kapsama Modeli’nde (ÇKM – “Double Coverage Model”), talep noktalarına farklı iki zaman dilimi içinde, çoklu kapsama sağlayacak şekilde hizmet edilmesi hedeflenmektedir. Bu modelde, büyük olan zaman dilimi içinde her yerin en az bir defa ve küçük zaman diliminde de tüm nüfusun belli bir oranının kapsanması kısıtı altında küçük olan zaman dilimi içinde en az iki kere kapsanan nüfus en büyüklenmektedir. Diğer modellerden farklı olarak bu modelde, aynı hizmet noktasına sadece bir tane araç atanması koşulu olmayıp belli bir sayının üzerinde araç atanması da engellenmektedir. Selim ve Özkarahan (2003), sırayla bir ve iki araç tarafından kapsanan nüfusun en büyüklendiği ve kapsanamayan bölgelere sunulan hizmetin ortalama ulaşım mesafesinin en küçüklendiği çok amaçlı model önermektedir. Çatay ve diğ. (2008), $t_1 < t_2$ iken t_1 dakika içinde en az bir, t_2 dakika içinde ise alternatif farklı bir hizmet noktası tarafından kapsanan toplam nüfusun en büyüklendiği Yedek Çift Kapsama Modeli’ni (YÇKM – “Backup Double Coverage Model”) önermiş ve İstanbul’daki acil yardım istasyonları için uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla problemi çözmüştür. Ortak değişken ve parametrelerin EBKM’de tarif edildiği üzere modelin formülasyonu şu şekildedir:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, i \text{ talep ve } j \text{ hizmet noktası arasındaki mesafe en fazla } t_1 \text{ dakika ise} \\ 0, \text{ aksi durumda} \end{cases}$$

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, i \text{ talep ve } j \text{ hizmet noktası arasındaki mesafe } t_1 \text{ ve } t_2 \text{ dakika arasında ise} \\ 0, \text{ aksi durumda} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1, i \text{ talep noktası çift kapsanırsa} \\ 0, \text{ aksi durumda} \end{cases}$$

$$Z(\text{maks}) \quad \sum_{i \in I} h_i y_i$$

$$\sum_{j \in J} x_j \leq p, \quad (2.27)$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j - y_i \geq 0, \quad \forall i \in I \quad (2.28)$$

$$\sum_{j \in J} b_{ij} x_j - 2y_i \geq 0, \quad \forall i \in I \quad (2.29)$$

$$x_j, y_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (2.30)$$

Amaç fonksiyonunda, çift kapsanan nüfus en büyüklenmektedir. Kısıt (27), açılabilir toplam hizmet noktası sayısını, Kısıt (2.28) bir talep noktasına çift kapsama şeklinde hizmet sunulması için, bu noktanın t_1 dakikada bir hizmet noktası tarafından kapsanması gerektiğini, $t_1 < t_2$ olması nedeniyle t_1 dakika içinde kapsanan bir talep noktasının aynı zamanda t_2 dakika içinde de aynı hizmet noktası tarafından kapsanması nedeniyle Kısıt (2.29), aynı bölgenin t_2 dakika içinde iki farklı hizmet noktası tarafından kapsanması gerektiğini, Kısıt (2.30) ise karar değişkenlerinin ikili olduğunu ifade etmektedir.

2.2. P-Medyan Modeller

Kesikli versiyonu ilk olarak Kuehn ve Hamburger (1960), Hakimi (1964), Manne (1964) ile Balinski (1965) tarafından ele alınan modelde, p adet hizmet noktası için en uygun yer seçiminin belirlenerek, sistemin ağırlıklı ortalama ulaşım mesafesi en küçüklenmektedir. P-Medyan problemin bilinen ilk formülasyonunu Hakimi (1964) tanıtmış ve modeli telekomünikasyon alanında uygulamıştır. Daha sonra ReVelle ve Swain (1970), problemi doğrusal tamsayı modelleme ile çalışarak, doğrusal programlama ve dal-sınır algoritması ile çözmüştür. Ortak değişken ve parametrelerin KKM'de tanımlandığı üzere, P-Medyan problemin formülasyonu şu şekildedir:

a_i : Talep noktasının ağırlığı,

n : Potansiyel hizmet noktaları sayısı

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ talep noktası istenen } j \text{ hizmet noktasına atanmışsa} \\ 0, & \text{aksi durumda} \end{cases}$$

$$Z(\min) \quad \sum_i \sum_j a_i d_{ij} y_{ij}$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2.31)$$

$$y_{ij} \leq y_{jj} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (2.32)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{jj} = p \quad (2.33)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (2.34)$$

Bu formülasyonda, tüm talep noktalarının aynı zamanda hizmet noktası adayı olduğu varsayılmıştır. Amaç fonksiyonunda, talep ve hizmet noktaları arasındaki toplam ağırlıklı mesafe en küçüklenmektedir. Kısıt (2.31), her talep noktasının sadece bir hizmet noktasına atanmasını garanti etmektedir. Kısıt (2.32), bir talep noktasının hizmet noktasına atanması için söz konusu yerde kurulu bir hizmet noktasının olmasının gerektiğini göstermektedir. Kısıt (2.33), toplam açılabilir hizmet noktası sayısını, Kısıt (2.34) ise atama değişkenlerinin ikili olduğunu ifade etmektedir.

ReVelle ve Swain (1970), doğrusal programlama ile bulunan kesirli değişkenlerin yeniden çözümü için dal-sınır algoritması kullanıldığında daima en fazla 5 adet düğüm içeren dal-sınır ağacının ihtiyacı karşıladığını, böylece kısıtların genişletilmiş versiyonunun, tam sayılı çözümleri daha olası hale getirdiğini göstermiştir. Rosing ve diğ. (1979c), P-Medyan problemin daha kolay bir şekilde çözülebilmesi için kısıt ve değişkenlerin sayısını azaltan yöntemler önermiştir. Matematiksel yapısı itibarıyla P-Medyan problem, NP-Zor olup polinom süre içinde çözülmez niteliktedir. Bu nedenle problemin çözümü için, Garfinkel ve diğ. (1974) ile Swain (1974), Dantzig – Wolfe Ayrışması yöntemini; Cornuejols ve diğ. (1977) ile Galvao (1980) ise Lagrange Gevşetme yöntemini önermiştir. Ayrıca yazında P-Medyan probleminin çözümü için önerilen farklı içerikte sezgisel yöntemlere rastlamak mümkündür (Maranzana, 1964; Teitz ve Bart, 1968; Rosing ve diğ., 1979a, 1979b, 1999; Hansen ve diğ., 2009). Rosing ve diğ. (1998), diğer sezgisel yöntemlere kıyasla daha hızlı ve iyi çözümler üreten TA yöntemini tarif etmiştir. Brimber ve Drezner (2013), P-Medyan problemini çözmek için Benzetimli Tavlama yöntemi geliştirmiştir.

Yazında; P-Medyan probleminin ambulans, okul, kütüphane, eczane vb. içerikte yer seçimine yönelik çok farklı uygulamaları mevcuttur. Ancak, yer seçimi problemlerinde kullanılırken gerçek hayata uygunluk teşkil etmesi açısından P-Medyan probleminin parametre ve temel formülasyonunu farklılaştırma ihtiyacı duyulmuştur. Mesafe açısından esnek olmayan talebin karşılanmasını temel alması, P-Medyan problemin en önemli eksikliklerindendir. İhtiyaç halinde, alınan mesafe ya da harcanan süreden bağımsız olarak talep noktaları, en yakın hizmet noktasını seçmektedir. Holmes ve diğ. (1972), talep noktalarına belirlenen mesafe ya da erişim süresinin ötesinde sunulacak hizmetin tercih edilmeyeceğine yönelik model geliştirmiştir. Böylece, S mesafe ya da süre eşiğini gösterecek şekilde klasik P-Medyan problemin amaç fonksiyonu;

$$Z(\text{maks}) \quad \sum_i \sum_j a_i (S - d_{ij}) y_{ij}$$

şeklinde ve her talep noktası, bir hizmet noktasına atanmayabileceği için eşitlik halindeki Kısıt (2.31)'in işareti ise \leq olarak değiştirilmiştir.

Mesafe parametresinin belirlenmesi, P-Medyan problemin uygulanmasında karşılaşılan diğer sorundur. Modelde, mesafenin zamanla değişmediği varsayımına dayalı olarak özellikle trafiğin yoğun olduğu saatlerin hesaba katılmaması itfaiye vb. hizmet noktalarının yer seçiminde ciddi sorun teşkil etmektedir. Öte yandan, hizmete ihtiyaç duyan talebin hacmi de gün boyunca değişebilir. Böylece, klasik P-Medyan problemin eksiklerinin bertaraf edilmesi için hiyerarşik modellerin kullanımı önerilmiştir (Calvo ve Marks, 1973; Tien ve diğ., 1983; Harvey ve diğ., 1974; Berlin ve diğ., 1976; Rushton, 1984; Hodgson, 1984; Serra ve ReVelle, 1993).

2.3. Perakende Sektöründe Yer Seçimi

Drezner (1995) ve Plastria (2001) tarafından, perakende sektöründe tesis yeri seçimi konusunu ele alan çalışmalar incelenmiştir. Bu konuda, yazında en yaygın kullanılan örneğin Huff (1964) tarafından geliştirilen yaklaşım olduğu görülmüştür. Huff (1964), bir merkezin çekiciliğinin hangi mesafeye kadar devam ettiğini araştırmış, müşterinin bir tesise gitme olasılığının (tesis büyüklüğü, iş gören sayısı, satılan ürün çeşitliliği vb. kriterler ile belirlenen) tesis çekiciliğiyle doğru, tesisle müşteri arasındaki uzaklıkla ters

orantılı olduğunu ifade etmiştir. Çalışmada önerilen yöntem, açılacak mağaza / tesisin ziyaret edilme olasılığının tahmin edilmesi, belli bir alanda yaşayan müşteri sayısı ve farklı potansiyel noktalarda işlem gerçekleştirme olasılığına dayalı olarak müşterilerin beklenen dağılımının üretilmesi, mağazanın beklenen işlem hacminin hesaplanması, belli bir mağaza ağından bir ya da daha fazlasının kaldırılmasının etkisinin tahmin edilmesi şeklinde 4 aşamalı sistematik bir yaklaşımdır.

Adım 1: j mağazasının i bölgesindeki müşteriler için çekiciliğinin belirlenmesi için ağırlıklar belirlenmektedir:

A_{ij} = i bölgesindeki müşteriler için j mağazasının çekiciliği,

S_j = Mağazanın büyüklüğü,

T_{ij} = i bölgeden j mağazasına yolculuk zamanı,

λ = Yolculuk eğilimini gösteren parametre,

$$A_{ij} = \frac{S_j}{T_{ij}^\lambda} \quad (2.35)$$

Adım 2: Rekabetçiler için, i bölgesindeki müşterilerin belirli bir j mağazasını ziyaret edebilmesinin olasılığı hesaplanmaktadır:

$$P_{ij} = \frac{A_{ij}}{\sum_{j=1}^n A_{ij}} \quad (2.36)$$

Adım 3: j mağazasındaki k ürünü için müşterilerin yıllık harcamaları hesaplanmaktadır:

P_{ij} = Müşterilerin i bölgesinden j mağazasına seyahat edebilme olasılığı,

C_i = i bölgesindeki müşterilerin sayısı,

B_{ik} = i bölgesindeki müşteriler için k ürününün yıllık bütçesi,

m = Bölge sayısı,

$$E_{jk} = \sum_{i=1}^m (P_{ij} C_i B_{ik}) \quad (2.37)$$

Adım 4: j mağazasından satın alınan k ürününün pazar payı hesaplanmaktadır:

$$M_{jk} = \frac{E_{jk}}{\sum_{i=1}^m (C_i B_{ik})} \quad (2.38)$$

Huff (1966), rakiplerin olduğu ortamda yer seçimi, etki alanı değerlendirme ve satış tahmini konusunda çalışmış olup mağaza boyutları ve mağazaya ulaşım sürelerini hesaba katarak alternatifleri değerlendirmiştir. Drezner (2006); pazar payı, alım gücü ile müşteri ve mağaza arasındaki mesafenin, mağazaların çekiciliğine en fazla etki eden

faktör olduğunu belirtmiştir. Küçükaydın ve diğ. (2011), Huff (1964, 1966) tarafından önerilen çalışmaların uzantısı olarak bir işyerinin çekiciliğini ölçmek için, rekabet ortamındaki bir tesisin çekiciliğini en büyükmeyi ve mağazanın kurulum kararı verildiğinde, rakiplerin sahip oldukları çekicilik düzeyini en küçükmeyi amaçlayan çift düzeyli doğrusal olmayan karmaşık tamsayılı modeli geliştirmiştir. Gümüş ve Floudas (2001) tarafından bahsedildiği üzere, çift düzeyli problemde hiyerarşik bir yapıda sıralanmış öncü ve izleyici olarak adlandırılan iki oyuncu bulunmakta, her oyuncu çoğu zaman diğeri ile çelişen amaç fonksiyonunu eniyilemeye çalışmaktadır. İlk aşamada, öncü amaç fonksiyonunu eniyilemek için bir strateji belirlemekte, öncünün stratejisi belli olduktan sonra izleyici kendi amaç fonksiyonunu eniyileyebilmek için uygun bir strateji seçerek tepkisini göstermektedir.

2.4. Banka Şubesi Yer Seçimi ve Kullanılan Kriterler

Yazındaki banka şubesi yer seçimi konulu çalışmalar incelendiğinde konuyla ilgili farklı model ve değişkenlerin önerildiği görülmüştür (Clawson, 1974; Littlefield ve diğ. 1973; Soenen, 1974; Olsen ve Lord, 1979). Clawson (1974), yeni açılacak şubelerin yerlerinin belirlenmesi, farklı alanlar için gerçekçi performans kriterlerinin tespit edilmesi ve düşük performans sergileyen şubeler için iyileştirme yöntemlerinin uygulanması amacıyla Adımsal Lineer Regresyon yöntemini uygulamış ve aynı bölgede yer alan 26 banka şubesinin yıllık net karlılığını etkileyen faktörleri inceleyerek orta yaş grubu nüfus, ortalama kişi başı yurtiçi hâsıla ve ev sahiplik oranının şube karlılığını etkileyen en önemli kriterler olduğu sonucuna varmıştır. Meidan (1983) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, şube açılışı için seçilecek bölgenin ticari potansiyeli, nüfusu, bu bölgedeki diğerk bankaların durumu, satın alma gücü ile istihdam seviyesinin önemi vurgulanmıştır. Min (1989), Ohio’da ticari banka şubelerinin kuruluş yeri seçimi için Bulanık AHS yöntemini kullanmış ve potansiyel hizmet noktasının demografik özellikleri, mevduat ve kredi hacimleri, ulaşım imkânları ve ticari faaliyet düzeyinin önemli olduğunu göstermiştir. Kaufman ve Mote (1994), Chicago’da ekonomik ve demografik değişkenlerin banka şubeleri için uygun yer seçimi konusunda olumlu ve yüksek, rekabetin ise anlamlı ve negatif bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır. Pastor (1994); banka şubelerinin büyüklüğü ve müşterilere olan uzaklığın etkisiyle oluşan

“çekim gücünü” hesaba katmıştır. Boufounou (1995); şube hedeflerine ulaşım, performans değerlendirilmesi ve yeni yerleşim yerlerinin tespitine yönelik karar verme modeli geliştirmiştir. Yeni açılacak şubeler için en uygun yerleşim yerinin belirlenmesi ve performansın ölçülmesi için “mevduat hacmi”, ana kriter olarak belirlenmiş, böylece mevcut şubelerin bulunduğu ve yeni şube açılacak noktaların çeşitli özellikleri dikkate alınarak mevduat hacimleri tahmin edilmiştir. Regresyon analizi sayesinde, aday bölgelerdeki cinsiyet ve yaş dağılımına göre toplam nüfus, ortalama hane halkı büyüklüğü, nüfus artış oranı, kişi başı yurtiçi hâsıla, sektör bazında firma sayıları, diğer bankaların konumunun Yunanistan’da hizmet veren bir bankanın mevduat hacmini etkilediği belirtilmiştir. Ravallion ve Wodon (2000) ekonomik faktörlerin Bangladeş Grameen Bankasının şube yerleşimine etkisini incelemek için Regresyon Analizi kullanarak demografik özellikler, iş sahiplik oranı ve ekonomik faktörlerin şube yerleşim yerinin belirlenmesi açısından en önemli kriterler olduğunu vurgulamıştır. Min ve Melachrinoudis (2001), banka şubelerinin yerleşim planını ATM, banka şubesi ofisleri ve ana şubeler olmak üzere 3 aşamalı olarak ele almış ve Şans Kısıtlı Hedef Programlama Modeli geliştirmiştir. Şans Kısıtlı yaklaşım sayesinde, parametre ve kısıtlar ile ilgili belirsizlik ve risk, Hedef Programlama sayesinde ise farklı ve çelişen amaçlar göz önünde bulundurulmuştur. Belirsiz durumlar, tahminleme ve en düşük risk hedefleri kullanılarak çözülmüş ve model ABD’nin bir eyaleti için uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, mevcut durumla karşılaştırılmıştır ve önerilen modelin çözümündeki şubelerin %75’inin mevcut durum ile aynı olduğu görülmüştür. Morrison ve O’Brien (2001), banka şubeleri için uygun yerlerin belirlenmesine yönelik olarak CBS kullanmıştır. Kapanacak şubelerin seçilmesi için şube ağının değerlendirildiği çalışmada; Huff (1964) tarafından tanımlanan model aracılığıyla şubenin ziyaret edilme olasılığının tahmin edilmesi, belli bir alanda yaşayan müşteri sayısı ve farklı potansiyel noktalarda işlem gerçekleştirme olasılığına dayalı olarak müşterilerin beklenen dağılımının üretilmesi, belli bir şubenin beklenen işlem hacminin hesaplanması, belli bir şube ağından bir ya da daha fazla şubenin kaldırılmasının etkisinin tahmin edilmesi şeklinde 4 aşamalı sistematik bir yöntem geliştirilmiştir. Miliotis ve diğ. (2002), banka şubelerinin en iyi şekilde yerleşimi için iki aşamalı bir metodoloji önermiştir. Birinci aşamada, talep noktalarının en düşük kapsama ihtiyacını sağlayacak şekilde açılacak

en düşük şube sayısı bulunmaktadır. İkinci aşamada ise, talep noktalarının kapsama düzeyini en büyükleyecek şekilde bu şubelerin açılacağı en uygun yerler seçilmektedir. Bilgi teknolojilerinde yaşanan gelişmeler sayesinde söz konusu çalışmada CBS yazılımı kullanılarak talep alanı; bölgeler arası ve bölge içi olmak üzere iki farklı düzeye göre parçalara ayrılmıştır. Birinci düzeyde talep noktaları, ekonomik ve demografik özellikleri göz önünde bulundurularak incelenmiş ve banka şubeleri tarafından kapsanma ihtiyacına göre sıralanmıştır. İkinci düzeyde ise her bölge, farklı bankacılık hizmetlerine olan ihtiyaçlarına göre alt bölgelere ayrılmıştır. Problem, iki aşamalı olarak çözülmüştür: Birinci aşamada şubelerin, belirlenen kritik düzeydeki bir mesafe aralığındaki tüm talep noktalarına hizmet edebileceği varsayımıyla klasik kapsama problemi çözümlenerek açılması gereken en az sayıdaki şube sayısı tespit edilmiştir. İkinci aşamada ise, talep noktalarının kapsanmasını en büyükleyecek şekilde şubeler için en uygun yer belirlenmiştir. Kapsanan talep noktalarının en büyüklendiği ve en fazla birinci aşamada bulunan sayı kadar şubenin açılacağı model, Lindo kullanılarak bir Yunan bankası için uygulanmıştır. Wang ve diğ. (2003), New York Amherst'te şube açılış - kapanışı için bir model önermiştir. Ortak değişken ve parametrelerin P-Medyan modelde tanımlandığı üzere, problemin formülasyonu şu şekildedir:

J_1 = Mevcut şubelerin bulunduğu hizmet noktalarının kümesi,

J_2 = Yeni açılacak şubeler için aday hizmet noktalarının kümesi,

c_j = Şube açma ve kapama maliyeti,

b : Toplam bütçe,

$x_j = \begin{cases} 1, j \text{ noktasında kurulum gerçekleşmişse} \\ 0, \text{aksi durumda} \end{cases}$

$$Z(\min) \quad \sum_i \sum_j a_i d_{ij} y_{ij}$$

$$\sum_{j \in J_1} c_j (1 - x_j) + \sum_{j \in J_2} c_j x_j \leq b \quad (2.39)$$

$$\sum_{j=1}^n y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2.40)$$

$$y_{ij} \leq x_j \quad \forall i \in I, j \in J \quad (2.41)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = p \quad (2.42)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (2.43)$$

$$y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (2.44)$$

P-Medyan'dan farklı olarak modelde, Kısıt (2.39) şube açma ve kapama maliyetinin toplam bütçe sınırları içinde olması gerektiğini ve Kısıt (2.43) ise atama değişkenlerinin tamsayı olduğunu göstermektedir. NP-Zor olan modelin çözümü için “Greedy Interchange”, TA ve Lagrange Gevşetme yöntemleri uygulanmış ve elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. İki aşamalı “Greedy-Interchange” yönteminin ilk aşamasında, açılabilir şube sayısı ile ilgili kısıt sağlanacak şekilde şubelerin açılması / kapanması sağlanmakta, böylece olurlu bir başlangıç çözümü üretilmektedir. İkinci aşamada ise, amaç fonksiyonu iyileştikçe ve çözümün olurluluk koşulu bozulmadığı müddetçe değiş tokuş yöntemi ile şube açma – kapama işlemi devam etmektedir. TA’da, “Greedy-Interchange” yönteminin ilk aşaması aynı şekilde uygulanmakta, ikinci aşamadaki şube açma – kapama için yapılan değiş – tokuş işlemi amaç fonksiyonunun gelişiminden bağımsız olarak gerçekleştirilmekte, artarda k aşama boyunca amaç fonksiyonu iyileşmediği takdirde algoritma sonlanmaktadır. Çalışmada önerilen Lagrange Gevşetme, ilk iki aşaması “Greedy-Interchange” yöntemi ile aynı olacak şekilde 3 aşamalıdır. Yöntemin 3. aşamasında, bütçe kısıtı ve her talep noktasının sadece bir şubeye atanması ile ilgili kısıtlara göre problem gevşetilmiş ve en iyi çözümün bulunması için dal-sınır algoritması uygulanmıştır. Önerilen yöntemler, New York State’te banka şubelerinin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesi amacıyla gerçek hayat problemlerinden esinlenerek üretilen; 459 talep noktası ve 84 potansiyel şube yeri içeren 270 problem üzerinde uygulanmıştır. Amaç fonksiyonu açısından en iyi, çözüm süresi itibarıyla en kötü performans sergileyen yöntem olan Lagrange Gevşetme’nin CPLEX’e kıyasla çok hızlı olduğu görülmüştür.

Abbasi (2003) tarafından, Ürdün’deki bankaların şube yeri seçimi için karar destek sistemi geliştirilmiş olup; aday bölgenin nüfus yoğunluğu, gelir düzeyi, kültürel özellikleri, firma sayısı, mevduat toplamı, büyüme potansiyeli ve rekabet durumu önerilen modelin değişkenleri olarak kullanılmıştır. Zhao ve diğ. (2004), bölgenin finansal göstergesinin yanı sıra demografik özelliklerinin, müşteri segmentasyonun,

diğer banka şubelerinin konumu ve ulaşım imkânlarının da şube yerleşim planı açısından önemli olduğunu vurgulamış, Sydney’de hizmet veren bir bankanın şube kapama sürecinde önem arz eden ana ve alt kriterleri şu şekilde ele almıştır:

- ✓ Hizmet değişkenleri (15 yaş üstü nüfus, 55 yaş üstü nüfus, nüfus büyüme oranı, ortalama yıllık hane geliri, işçi oranı, küçük işletme sayısı, rakip bankaların şube sayısı),
- ✓ Lokasyon değişkenleri (aday bölgeye 200 metre mesafedeki küçük işletmeler-rakip şubeler-çalışan nüfus, 500 metre mesafedeki uygulama bankası şubeleri-alışveriş merkezleri, alışveriş merkezlerindeki uygulama bankası şubeleri, ulaşım indeksi, toplu taşımaya yakınlık).

Zhang ve Rushton (2008), müşterilerin bekleme süresi ve açılacak banka şubelerine yönelik bütçe kısıtına bağlı olarak toplam faydanın en büyüklendiği bir şube yerleşim modeli önermiş ve şubelerin büyüklüğünün tespiti için Genetik Algoritma kullanmıştır. Cinar ve Ahiska (2010), yeni bir şube açılışı için Türkiye’nin Güneydoğu Anadolu bölgesindeki 6 farklı şehirden en uygun olanı seçmek amacıyla bankanın misyon ve stratejisini etkileyen 5 ana gruba ait 21 farklı alt kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılması için Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), şehirlerin sıralanması için TOPSIS yönteminin kullanıldığı çalışma kapsamında ele alınan kriterler şu şekildedir:

- ✓ Demografik (toplam nüfus, şehirleşme oranı, yıllık nüfus artışı),
- ✓ Sosyoekonomik (ortalama hane halkı büyüklüğü, okuryazarlık oranı, yükseköğrenim mezunu nüfus oranı, kişi başı gayri safi yurt içi hâsıla, işçi oranı, işveren oranı),
- ✓ Bankacılık göstergeleri (banka sayısı, şube sayısı, banka şubesi / kişi başına düşen mevduat / kredi),
- ✓ İstihdamın sektörel dağılımı (tarım-inşaat-üretim-hizmet sektörünün toplam istihdama oranı),
- ✓ Bölgenin ticari potansiyeli (firma sayısı, organize sanayi bölgelerinin sayısı).

Xia ve diğ. (2010), kârın en büyüklendiği şube yeri seçimi modelini tanıtmıştır. Gelir ve maliyetleri de hesaba katan, ortak değişken ve parametrelerin KKM ve EBKM’de belirlendiği üzere modelin formülasyonu şu şekildedir:

K : Şube tipleri kümesi,

u_i : i noktasında açılacak şubenin kârı,

z_i : i noktasındaki talebin kapsanma oranı ($0 \leq z_i \leq 1$),

N^k : k tipi açılabilir şube sayısı,

O^k : k tipi şubelerin işletme maliyeti,

R_j^k : j hizmet noktasındaki k tipi şubenin kira maliyeti,

S^k : k tipi şube için kabul edilebilir en büyük uzaklık,

$f^k(d_{ij}) = \text{Enbüyük } \{0; 1 - (d_{ij} / S_k)\}$

$x_j^k = \begin{cases} 1, j \text{ hizmet noktasında } k \text{ tipi şube açılmışsa} \\ 0, \text{ aksi durumda} \end{cases}$

$$\begin{aligned} Z(\text{maks}) \quad & \sum_i u_i z_i - \sum_j \sum_k (O^k + R_j^k) x_j^k \\ & \sum_k x_j^k \leq 1 \quad \forall j \in J \end{aligned} \quad (2.45)$$

$$\sum_j x_j^k \leq N^k \quad \forall k \in K \quad (2.46)$$

$$z_i \leq 1 \quad \forall i \in I \quad (2.47)$$

$$z_i \leq \sum_j \sum_k f^k(d_{ij}) x_j^k \quad \forall i \in I \quad (2.48)$$

$$x_j^k \in \{0,1\} \quad \forall j \in J, k \in K \quad (2.49)$$

Kısıt (2.45) her hizmet noktasında sadece bir tip şube kurulabileceğini, Kısıt (2.46) tiplerine göre kurulabilecek şube sayısı üst limitini, Kısıt (2.47) her talep noktasının en fazla %100 oranında kapsanabileceğini, Kısıt (2.48) en büyük kapsanma oranının talep noktasını kapsayan hizmet noktalarının kapsama düzeyinin toplamı kadar olabileceğini, Kısıt (2.49) ise şube açılış değişkenlerinin ikili olduğunu göstermektedir. Öte yandan Alexandris ve Giannikos (2010), Atina’da banka şubesi yerleşim yeri seçimi için EBKM kullanmıştır. Banka şubeleri için uygun yerlerin belirlenmesine yönelik olarak Rahgan ve Mirzazadeh (2012) tarafından tanımlanan hiyerarşik modelin ilk seviyesinde aşağıda gösterildiği üzere; “maliyet”, “demografi”, “bankacılık”, “coğrafi koşullar” ve “ulaşılabilirlik” olmak üzere 5 ana kriter ve bu kriterlere bağlı toplam 14 alt kriter adreslenmiştir.

- ✓ Maliyet (arazi alımı ve kullanımda değişiklik)
- ✓ Demografi (alan nüfusu ve ortalama hane geliri)
- ✓ Bankacılık (en yakın banka şubesinin son 3 aydaki ortalama mevduat ve kredi hacmi)
- ✓ Coğrafi koşullar (şube boyutu, 500 metrelik mesafe kapsamındaki rakiplerin sayısı, ticari alan, açık alan güvenliği,
- ✓ Ulaşılabilirlik (park alanı, ulaşım istasyonu, yasaklı trafik alanı, ana meydanlar)

Kriterlerin nitel ve nicel olması nedeniyle bu çalışmada, ağırlıkların belirlenmesi için Bulanık AHP ve alternatiflerin sıralanması için Kanıtsal Sonuçlama (“Evidential Reasoning”) yöntemleri kullanılmıştır.

Sonuç olarak incelenen çalışmalarda görüldüğü üzere; şube açılması planlanan aday il / eyaletin özellikleri, söz konusu bankanın vizyonu, pazarlama stratejisi ve ürün çeşitliliği ile aday bölgedeki müşteri profilinin etkisi sayesinde bankaların yeni şube yeri seçim sürecinde kullanacakları model ile göz önünde bulunduracakları değişkenler farklılıklar göstermektedir.

2.5. Kriter Ağırlıklandırma Yöntemleri

Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinde, farklı alternatiflerin kıyaslanabilmesi için farklı boyutlardaki verilerin toplanması ihtiyacı söz konusu olabilmektedir. Hedefin gerçekleştirilmesine yönelik kriterler belirlendikten sonra alternatiflerin seçilen kriterlere uygunluğu belirlenmektedir. ÇKKV problemlerinde karar verici (KV) açısından kriterler genelde farklı önem düzeyine (ağırlık) sahiptir. Ağırlıklandırma, genelde kriterlere sayı, aralık, oran vb. anlamlı sayısal değerlerin atanabildiği, bu değerler arasındaki aralık ve farkların anlamlı olduğu bilgisine dayalı olan *kardinal* ölçeğe göre yapılır ve tüm kriterlerin ağırlığı (w) toplamı genelde 1'e eşittir. Kriterlerin ölçüm biriminin farklı olması durumunda, aynı ölçekle değerlendirilecek şekilde işlem yapılabilmesi gerekmektedir. Yazında yer alan ağırlıklandırma teknikleri Zeleny (1982) tarafından tarif edildiği üzere, karar vericinin deneyim ve bilgisi ile şekillenen kişisel değerlendirmelerden etkilenen *Öznel* değerlendirmeler ile kriterlerin özelliklerinden yararlanarak, karar vericinin olmadığı durumlarda ya da tercih bilgisine ek olarak daha gerçekçi bir yaklaşım olması açısından kullanılan *Nesnel* yöntemler şeklinde temelde iki

başlık altında incelenmektedir. Öte yandan öznel değerlendirmeler, karar vericinin tercihlerine göre tespit edilen *Doğrudan ve Dolaylı Ağırlıklandırma* yöntemlerini içerir.

2.5.1. Öznel ağırlıklandırma yöntemleri

Yaygın olarak, karar vericinin seçim öncesi yüz yüze görüşme, anket veya tercihlerini bildiren çalışmalara katılımı ile verilerin toplanması şeklinde gerçekleşen Doğrudan Ağırlıklandırma ile karar vericinin değerlendirmelerine göre çeşitli analitik teknikler yardımıyla kriter ağırlıklarının süreç içinde tahmin edildiği Dolaylı Ağırlıklandırma yaklaşımlarını içermektedir.

2.5.1.1. Doğrudan ağırlıklandırma

Bir kriterin görelî önem değerinin bulunması için kullanılan Doğrudan Ağırlıklandırma, Roberts ve Goodwin (2003)'e göre; *Doğrudan Puanlama, Puan Dağıtımı, Oranlama* ("Ratio"), *Salınım, Sıralama, İkili Karşılaştırma* ve *Tercih Önceliği* gibi farklı yaklaşımları içermektedir.

Doğrudan Puanlama, 0-100 ya da 1-5 vb. şekilde ölçeklendirilmiş sayısal verilere uygun olarak karar vericinin yargularından yararlanıp her kriterin görelî öneminin tespit edilmesi işlemidir. Bu amaçla, karar vericiye önceden belirlenmiş bir ölçeğe uygun olarak söz konusu kriterin görelî öneminin hangi skalaya denk geldiği sorulmaktadır. Doğrudan puanlama yönteminin bir çeşidi olarak Puan Dağıtımı yönteminde karar vericiden, önceden belirlenmiş toplam puanın tüm nitelikler arasında dağıtılması beklenmekte, her kritere atanan puan ilgili kriterin görelî önem seviyesini temsil etmekte, dolayısıyla yüksek puan dağıtılan kriterin daha önemli olduğu düşünülmektedir. Yönteme göre, bir kriterin puanının arttırılması için diğer kriterlerin toplam puanının, dolayısıyla ağırlığının düşürülmesi gerekmekte, ayrıca toplam puanın 100 olması durumunda, kriter ağırlıklarının normalize edilmesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Puanlama yöntemi, kriterlerin önemini hem sıralı hem de birbirine göre büyüklükleriyle göstermesi yönünden elverişlidir, ayrıca kullanımının kolay olması ve hızlı çözüm sağlaması açısından avantajlıdır (Thomas ve diğ., 2001).

Oranlama yönteminde öncelikle kriterler görelî önemlerine göre sıralanmakta, en düşük önem değerine sahip kritere 10 değeri atanmakta, diğer tüm kriterlerin en önemsiz

kritere kıyasla ne kadar fazla önemli olduğu bilgisi tespit edilmekte, böylece bu kriterlere 10'un üzerinde değer atanmakta, sonrasında her kriterin ağırlığı toplam ağırlığa bölünerek normalize edilmiş ağırlık değerleri hesaplanmaktadır.

Salınım yöntemine göre tüm kriterlerin en kötü seviyede olduğu varsayımıyla, diğer kriterlere kıyasla alternatifin toplam değerlerine yapacağı katkıya bağlı olarak karar vericiye hangi kriterin en yüksek seviyeye ulaşmasını tercih ettiği sorulmakta, en yüksek önem seviyesine sahip kritere 100 puanı atanmakta, bu şekilde tüm kriterler sıralandıktan sonra karar vericinin yargılarına göre kriter ağırlıkları belirlenmekte, oranlama yöntemine benzer şekilde her kriterin ağırlığı toplam ağırlığa bölünerek normalize edilmiş ağırlık değerleri hesaplanmaktadır.

Sıralama yönteminde, kriterler önem derecelerine göre sıralanarak, *Sıralama Toplamı*, *Sıralamanın Tersinin Alınması*, *Sıralamanın Üslü Kuvvetleri* gibi farklı yöntemlerden yararlanarak ağırlık tespit edilmektedir. Normal sıralama yönteminde en önemli kritere 1, en önemsiz kritere ise toplam kriter sayısı olan n değeri atanmakta ve r_j j . kriterin sıralamasını temsil ederken farklı yöntemlere göre kriterlerin ağırlık değerleri (2.50), (2.51) ve (2.52) formülleri aracılığıyla hesaplanmaktadır (Winterfeldt ve diğ., 1986).

$$\text{Sıralama toplamı: } w_j = (n - r_j + 1) / \left(\sum_{k=1}^n (n - r_k + 1) \right) \quad (2.50)$$

$$\text{Sıralamanın tersi: } w_j = (1/r_j) / \left(\sum_{k=1}^n 1/r_k \right) \quad (2.51)$$

$$\text{Sıralamanın Üslü Kuvvetleri: } w_j = (n - r_j + 1)^p / \left(\sum_{k=1}^n (n - r_k + 1)^p \right) \quad (2.52)$$

Sıralamanın üslü kuvvetleri yönteminde, karar verici tarafından belirlenen en önemli kriterin ağırlığı, ilgili denklemde yerine konularak iteratif yöntemle “ p ” değeri bulunmakta ve sonrasında diğer kriterlerin ağırlıkları tespit edilmektedir. “ p ” değerinin 0 olması durumunda tüm kriterlerin ağırlığı eşit olmakta, 1 olması durumunda ise sıralama toplamı yönteminde bulunan değerlerin aynısı elde edilmektedir. Sıralama, kullanımı kolay ve hızlı çözüm sağlayan bir yöntem olmakla birlikte çok fazla sayıda kriter içeren problemler için uygun değildir. Malczewski (1999) tarafından sıralama yönteminin teorik olarak eksik olduğu, ağırlık değerlerinin yaklaşık olarak belirlenebilmesi için kullanılabileceği belirtilmiştir.

İkili Karşılaştırma, Saaty (1990) yılında geliştirilmiş ve karar vericilerin yargısına göre her kriterin amaca katkısı açısından göreceli öneminin belirlendiği yöntemdir. Toplam kriter sayısının n olduğu varsayımıyla, hiyerarşik yapıdaki kriterlerin göreceli ağırlıklarının belirlenmesi için, $n \times n$ boyutundaki karşılaştırma matrisi (A) yardımıyla karar verici tarafından ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. $i=1,2,3,\dots,n$ ve $j=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere matris elemanları arasında $a_{ij} = 1/a_{ji}$ ilişkisi bulunmakta olup $i = j$ olduğu için matrisin köşegenleri 1 değerini almaktadır.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{n1} \\ 1/a_{21} & 1 & a_{32} & \dots & a_{n2} \\ 1/a_{31} & 1/a_{32} & 1 & \dots & a_{n3} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & 1/a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (2.53)$$

Kriterlerin ikili karşılaştırması için Saaty (1990) tarafından geliştirilen Çizelge 2.2'deki önem ölçüğü kullanılmaktadır.

Çizelge 2.2 : Önem ölçüğü (Saaty, 1990).

Değer	Tanım
1	Elemanlar eşit öneme sahiptir.
3	1. eleman 2.'ye göre biraz daha önemli veya biraz daha tercih edilmektedir.
5	1. eleman 2.'ye göre fazla önemli veya fazla tercih edilmektedir.
7	1. eleman 2.'ye göre çok fazla önemli veya çok fazla tercih edilmektedir.
9	1. eleman 2.'ye göre aşırı derecede önemli veya aşırı derecede tercih edilmektedir.
2, 4, 6, 8	Ara değerler

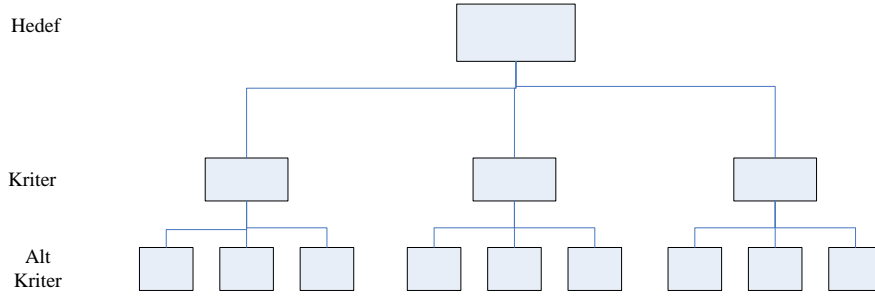
İlgili matristeki her bir öğenin diğer öğelere göre önemini gösteren $n \times 1$ boyutundaki öz vektör, (2.54)'teki formüller aracılığıyla hesaplanır:

$$b_{ij} = a_{ij} / \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right) \quad w_i = \left(\sum_{j=1}^n b_{ij} \right) / n \quad (2.54)$$

İkili Karşılaştırma yaklaşımı, yazında yaygın olarak kullanılan AHS kapsamında uygulanmakta olup etkin yanıt veren bir ağırlıklandırma tekniğidir. AHS yöntemi, hiyerarşik ağırlıklandırma ve ÇKKV problemleri için ölçüm ve analiz yöntemidir (Forman ve Gass, 2001). Yöntem, Saaty (1977) tarafından geliştirilmiş olup çok kriterli alternatiflerin seçimi amacıyla kullanılmakta ve etkinliği sayesinde yazında çok çeşitli

alanlarda uygulama örneklerine rastlanmaktadır (Chen ve diğ., 2001; Amna ve diğ., 2004). KV; kriter, nitelik ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik bir yapıda ikili karşılaştırma yoluyla tercihlerini belirtmekte, elde edilen ağırlıklar öncelik değerlerine dönüştürülmekte, alternatifler öncelik değerlerine göre sıralanarak seçim yapılmaktadır.

Yöntem gereği karar problemi öncelikle küme ve alt kümelere ayrıştırılmakta ve (alt) kümeler arası ilişkiler hiyerarşik bir yapıda ifade gösterilmektedir. AHS hiyerarşisinde her eleman üst seviyede bağlı olduğu elemanlarla ikili olarak ilişkilendirilmektedir. Hiyerarşik yapının en üst seviyesinde “en iyi kararı vermek” ya da “en iyi alternatifi seçmek” vb. olarak belirtilen karar vericinin üst amacı bulunmakta, daha aşağıdaki seviyelerde üst amacın başarılmasına katkı sağlayacak kriterler yer almakta, en alt seviyede ise alternatifler bulunmaktadır. AHS’de kullanılan bir karar hiyerarşisi örneği Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Karar hiyerarşisi örneği.

AHS yönteminin adımları şu şekildedir (Vega ve diğ, 2011):

Adım 1: En üst seviyede amaç, orta seviyede kriterler, en düşük seviyede ise alternatiflerin bulunduğu karar hiyerarşisi oluşturulur.

Adım 2: Kriter ve alt kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesi için $n \times n$ boyutunda ikili karşılaştırma matrisi (A) oluşturulur ve karar verici tarafından kriter ya da alternatifler ikili olarak karşılaştırılarak üstünlükler belirlenir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{n1} \\ 1/a_{21} & 1 & a_{32} & \dots & a_{n2} \\ 1/a_{31} & 1/a_{32} & 1 & \dots & a_{n3} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 1/a_{n1} & 1/a_{n2} & 1/a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix}_{n \times n} \quad (2.55)$$

Saaty (1990) tarafından geliştirilen, Çizelge 2.2'deki önem ölçeği ve ikili karşılaştırma aracılığı ile karar vericilerin yargısına göre her kriterin amaca katkısı açısından göreceli önemi ve her hedefin kriterler açısından üstünlüğü belirlenir.

Adım 3: $i=1,2,3,\dots,n$ ve $j=1,2,3,\dots,n$ olmak üzere, ilgili matristeki her bir ögenin diğer öğelere göre önemini gösteren $n \times 1$ boyutundaki öz vektör, (2.56) aracılığıyla hesaplanır.

$$b_{ij} = a_{ij} / \left(\sum_{k=1}^n a_{kj} \right) \quad w_i = \left(\sum_{j=1}^n b_{ij} \right) / n \quad (2.56)$$

Adım 4: İkili karşılaştırma matrisleri için *tutarlılık oranı* (*CR*) hesaplanır. *CR* değerinin en fazla 0,10 olması istenmekte, daha yüksek olması karar vericinin tutarsız bir şekilde değerlendirme yaptığını göstermektedir. Çizelge 2.3'te gösterilen *RI*, rassallık indeksi ve λ_{\max} , *A* matrisinin en büyük öz vektörü olmak koşuluyla *CR* değeri şu şekilde hesaplanmaktadır:

Çizelge 2.3: Rassallık indeksi.

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>RI</i>	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

$$D = [a_{ij}]_{n \times n} \times [w_i]_{n \times 1} = [d_i]_{n \times 1} \quad (2.57)$$

$$\lambda_{maks} = \left(\sum_{i=1}^n d_i / w_i \right) / n \quad (2.58)$$

$$CR = (\lambda - n) / (n-1) \times RI \quad (2.59)$$

Adım 5: Hiyerarşik yapıdaki *n* tane kriterin her birinin meydana getirdiği $m \times 1$ boyutundaki üstünlük vektörleri bir araya getirilerek $m \times n$ boyutundaki karar matrisi (*DW*) oluşturulur, elde edilen matrisin kriterler arası üstünlük vektörü (*W*) ile çarpımı sonucunda sonuç vektörüne (*R*) ulaşılır.

$$DW = [w_{ij}]_{m \times n} \quad (2.60)$$

$$R = DW \times W \quad (2.61)$$

Malczewski (1999) tarafından ifade edildiği üzere, her defasında sadece iki kriterin karşılaştırılması ve genellikle doğru ağırlıkların bulunması yöntemin avantajıdır. Ancak *n* adet kriter için $n(n-1)/2$ adet karşılaştırma yapılması, özellikle kriter sayısının fazla

olduğu durumlarda uzun zaman almakta, bu nedenle hesaplama kolaylığı sağlaması açısından bilgisayar programlarının kullanılması gerekebilmektedir.

Doğrudan ağırlıklandırma tekniklerinin diğer örneği olan Tercih Önceliği yönteminde karar verici, her defasında iki alternatifi iki kritere göre (diğer kriterlere bağlı olmadan) karşılaştırarak hangi alternatifi seçeceğini belirlemektedir. Bu durumda bütün kriterlerin ağırlıklarının bulunabilmesi için örneği (2.62)'de gösterildiği üzere karar vericinin örneğin, C_1 kriterinin bir biriminin C_2 kriterinin ne kadarlık birimine denk geldiği veya C_2 'nin bir birimini elde etmek için C_1 'den ne kadarlık karşılık verilmesi gerektiği türünde soruları yanıtlaması beklenmektedir. Genelde ağırlıkların doğru değerlerinin bulunmasını sağlayan yöntemin, yalnızca kantitatif değerlendirme kriterleri ile kullanılabilmesi bazı problemler için sorun teşkil edebilmektedir (Ahmadi, 2003).

$$\left. \begin{array}{l} C_1 = 2C_2 \\ 2C_2 = 3C_3 \\ C_1 + C_2 + C_3 = 1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 2C_2 + C_2 + (2/3) \times C_2 = 1 \\ \implies C_2 = 3/11 \end{array} \quad (2.62)$$

$$C_1 = 2 \times (3/11) = (6/11)$$

$$C_3 = (2/3) \times (3/11) = (2/11)$$

2.5.1.2. Dolaylı ağırlıklandırma

Konjoint Analizi ve *Merkezilik* yöntemleri, öznel değerlendirme içeren ve en yaygın kullanılan Dolaylı Ağırlıklandırma teknikleridir. Konjoint analizi, alternatifler açısından önem arz eden ve karar verici tarafından algılanabilen tüm özelliklerin (kriter) ve her özelliğe ilişkin düzeylerin belirlenmesi, anket uygulanması, benzer tercihlerde bulunan karar vericilerin gruplanarak ortak tercih modellerinin oluşturulmasını içermekte olup yazında farklı çalışmalarda örneklerine rastlanan yaklaşımdır (Acito ve Jain, 1980; Darmon ve Rouzies, 1999; Farber ve Griner, 2000; Green ve diğ., 2001). Uygulanan anket kapsamındaki soruların açık, kısa ve anlaşılır olması KV açısından fayda teşkil etmektedir. Konjoint analizinde değişkenlerin tespiti ve anket formunun hazırlanması, her seferinde iki özelliğin göz önüne alındığı *Tercih Önceliği* ve tüm özelliklerin birlikte değerlendirildiği *Tam Kavram* olmak üzere iki farklı yöntem aracılığıyla gerçekleştirilebilmektedir (Aaker ve Day, 1986). Tercih önceliği yönteminin en büyük

dezavantajı, benzer tabloların birçok kez karar vericinin değerlendirilmesine sunulmasıdır. Özellikler arasındaki ikili ya da çoklu etkileşimlerin dikkate alınmaması ve kombinasyon sayısına sınır getirmesi tam kavram yönteminin dezavantajlarıdır. Konjoint analizinde edilen veriler ve istatistiksel yöntem kullanılarak her bir kriterin ağırlığı tespit edilmektedir. Kriterlerin önem seviyesinin elde edilmesi amacıyla en yaygın olarak kullanılan yöntem fayda değerlerinin bağımlı, özelliklerin ise bağımsız değişken olarak kullanıldığı Regresyon Analizi'dir.

Merkezilik, bireyler ve gruplar arasındaki ilişki ve iletişimi inceleyen sosyal ağ analizinde yaygın kullanılan terimlerden biridir. Bilişsel haritalamada, bireyin karşısındaki herhangi bir olguya karşı gösterdiği eğilim, “*tutum*” olarak adlandırılmakta ve bütün tutumlarda merkezilik olduğu düşünülmektedir. Merkezilik yaklaşımına göre, bir tutum merkezde, diğerleri ise çevresinde toplanmakta ve tutumun merkeziliğine bağlı olarak bir tutumdaki değişiklik diğerlerine de yansiyabilmektedir (Otte ve Rousseau, 2002). Literatürde, merkezilik konusunda farklı ölçüm teknikleri önerilmiş olup *Derece Merkeziliği*, *Yakınlık Merkeziliği*, *Arasındalık Merkeziliği* ve *Karakteristik Değer Merkeziliği* en sık kullanılan ölçüm teknikleridir. Derece merkeziliği, düğümün kaç tane bağlantıya sahip olduğunu gösterirken, yakınlık merkeziliği düğümün diğer düğümlere doğrudan ya da dolaylı yakınlık (düğümün ağdaki diğer düğümlere en kısa uzaklıklarının terslerinin toplamı) düzeyini ve düğümün ağdaki diğer düğümlere ne kadar hızlı bağlanabileceğini göstermektedir. Arasındalık, düğümün birbirleriyle doğrudan bağlantılı olmayan düğümlerle ne kadar bağlantıda olduğunu gösterirken; karakteristik değer merkeziliği merkezi konumlu komşulara sahip olma durumunu temsil etmektedir. Derece merkeziliği, önemli bir düğümün çok sayıda düğümle ilişkisi olduğu; yakınlık merkeziliği, önemli bir düğümün düğümlere yakın olduğu ve onlarla hızlı bağlantı kurabileceği; arasındalık merkeziliği, önemli bir düğümün diğer düğümler arasındaki en kısa yolların çoğunun üzerinde olduğu ve karakteristik değer merkeziliği ise önemli bir düğümün önemli düğümlerle komşuluk kurduğu prensibini temel almaktadır (Landherr ve diğ., 2010).

2.5.2. Nesnel ağırlıklandırma yöntemleri

Kriterlerin öneminin karar vericinin öznel yargılarından ziyade kriterin kendi özelliklerine bağlı olduğu düşüncesinden yola çıkarak geliştirilen ağırlıklandırma teknikleridir. Bağımlı (Y) ve bağımsız değişkenler (X) arasındaki ilişkinin bulunmasını sağlayan istatistiksel yöntem olarak *Regresyon Analizi*, veri kümeleri arasındaki karşıtlıkların tespit edilmesi amacıyla kullanılan *Entropi*, kriterler arasındaki korelasyonu hesaba katan *CRITIC* (“Criteria Importance Through Intercriteria Correlation”) ve Hedef Programlama, nesnel ağırlıklandırma yöntemleridir.

Regresyon yönteminde, Y ile X arasında $Y_i = \alpha + \beta X_i + \varepsilon_i$ ($i=1,2,3,\dots$) şeklinde doğrusal bir ilişki söz konusu ise, bağımsız değişkenlerin farklı değerleri için bağımlı değişkenin alacağı değeri tahmin etmek amacıyla bilinmeyen α ve β parametrelerinin tahmin edilmesi gerekmektedir. Regresyon Analizi, tek / birden fazla bağımsız değişkenin olduğu durumda Basit / Çoklu Regresyon Analizi; değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren fonksiyonun türüne göre Doğrusal / Eğrisel Regresyon Analizi şeklinde sınıflara ayrılmaktadır. Gerçek hayatta, bağımlı değişkendeki değişimin çoğu zaman tek bir bağımsız değişken ile açıklanamaması nedeniyle Çoklu Regresyon Analizi en yaygın kullanılan yöntemlerdendir (Nguyen ve Cripps, 2001; Heiat, 2002; Wang ve Elhag, 2007). Bağımlı değişkenin Y ve bağımsız değişkenlerin X_1, X_2, \dots, X_k ile gösterildiği Çoklu Regresyon Analizinde, $i = 1, 2, \dots, n$ için değişkenler arasındaki ilişki (2.63) denkleminde gösterilmektedir:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (2.63)$$

Y 'nin tahmini değeri \hat{y} ise bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olması durumunda; $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2 + \dots + \hat{\beta}_k x_k$ şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. İki adet bağımsız değişken olduğu problemler için; $\hat{y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \hat{\beta}_2 x_2$ olup; En Küçük Kareler Yöntemi'ne göre; (2.64), (2.65), (2.66) formüllerinden yararlanarak β parametreleri tahmin edilmekte, böylelikle bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi (önem seviyesi) tespit edilmektedir (Wang ve Elhag, 2007).

$$\sum y_i = n\hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 \sum x_{1i} + \hat{\beta}_2 \sum x_{2i} \quad (2.64)$$

$$\sum y_i x_{1i} = \hat{\beta}_0 \sum x_{1i} + \hat{\beta}_1 \sum x_{1i}^2 + \hat{\beta}_2 \sum x_{1i} x_{2i} \quad (2.65)$$

$$\sum y_i x_{2i} = \hat{\beta}_0 \sum x_{2i} + \hat{\beta}_1 \sum x_{1i} x_{2i} + \hat{\beta}_2 \sum x_{2i}^2 \quad (2.66)$$

Verici tarafından gönderilen mesajın alıcı tarafında yarattığı belirsizlik düzeyini tespit etmek amacıyla iletişim alanında kullanılmak üzere Shannon (1948) tarafından tanıtılan diğer nesnel ağırlıklandırma yöntemi olan ENTROPİ tekniğinde, Hwang ve Yoon (1981) tarafından tarif edildiği üzere karar matrisinin; veri kümeleri arasındaki karşıtlıklardan doğan, kriterlerin önemi ile ilgili bilgiyi bünyesinde barındırdığı varsayılmaktadır. Böylece kriterlerin nesnel ağırlıkları, alternatiflerin her kriterine göre performans değerlerinin farklılık seviyesine (karşıtlık) göre belirlenmektedir. Tüm alternatiflerin aynı kriter açısından benzer performans değerine sahip olması durumunda, karar verme aşamasında söz konusu kriterin etkili olmadığı varsayılmakta, hatta tüm performans değerlerinin eşit olduğu kriterin, bazı uygulamalarda karar aşamasında göz ardı edildiği örneklere rastlanmaktadır. $m \times n$ boyutundaki karar matrisinin X ve her A_i alternatifinin O_j kriterine göre performansını gösteren sayısal değer x_{ij} ile gösterilmesi koşuluyla Zeleny (1982) tarafından tarif edilen yöntem şu şekildedir:

Adım 1: Fayda – maliyet kriteri arasındaki farklılığa dikkat edilecek şekilde X karar matrisi her bir O_j ($j=1, 2, \dots, m$) kriterine göre normalize edilmekte, böylece alternatiflerin göreceli performansını temsil eden P matrisi oluşturulmaktadır.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2m} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (2.67)$$

$$p_{ij} = x_{ij} / \sum_{p=1}^n x_{pj} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2.68)$$

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & \cdots & p_{2n} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & \cdots & p_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ p_{m1} & p_{m2} & p_{m3} & \cdots & p_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.69)$$

Adım 2: Entropi değerini temsil eden e_j aracılığıyla, her bir O_j kriterinin içerdiği bilgideki belirsizlik düzeyi, ($0 \leq e_j \leq 1$ koşulunu sağlamak amacıyla $k=1/\ln n$ sabiti kullanılarak) bulunmaktadır.

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij} \quad (2.70)$$

Adım 3: Herhangi bir j kriteri tarafından sağlanan bilginin farklılaşma derecesini hesaplamak amacıyla, mevcut bütün alternatiflerin O_j kriterine göre aldığı değerlerin birbirinden farklılık düzeyini temsil eden d_j hesaplanmaktadır ($d_j=1 - e_j$). Birbirinden farklı performans çıktıları için daha yüksek d_j değeri bulunmakta, böylece kriterin problem için görece öneminin yüksek olduğu, öte yandan bir kriter için tüm alternatiflerin performans değerlerinin birbirine yakın olması durumunda söz konusu kriterin problem açısından öneminin düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bir kriteri göre tüm performans değerleri aynı ise, o kriterin KV açısından önemli bir bilgi içermemesi nedeniyle ağırlık belirleme yönteminde kullanılmamasına karar verilebilmektedir.

Adım 4: Her bir karar kriterinin nesnel ağırlığı hesaplanmaktadır:

$$a_j = d_j / \sum_{k=1}^m d_k \quad (2.71)$$

Diakoulaki ve diğ. (1995) tarafından önerilen CRITIC yönteminde, ağırlıklandırma işlemi için kriterin standart sapması ve diğer kriterlerle arasındaki korelasyonu hesaba katılmaktadır. w_j 'nin j kriterinin performans ağırlığını, σ_j 'nin j kriterinin standart sapmasını, r_{jk} 'nin ise j ve k kriterleri arasındaki korelasyon katsayısını temsil etmesi koşuluyla (2.72) ve (2.73) aracılığıyla CIRITIC yöntemine göre kriterler ağırlıkları hesaplanmaktadır.

$$C_j = \sigma_j \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2.72)$$

$$w_j = C_j / \sum_{k=1}^m C_k \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (2.73)$$

Nesnel ağırlıklandırma yöntemlerine farklı bir yaklaşım olarak bütün fonksiyonları hedefe dönüştüren Hedef Programlama; Garcia ve diğ. (2010) tarafından önerilen çok kriterli bir tekniktir. Yönteme göre KV, istenmeyen hedefleri minimize etmektedir. Bu amaçla, tek kriter performansı ile çok kriter performansı arasındaki mutlak fark (norm L_1) minimize edildikten sonra tek kriter performansı ile çok kriter performansı arasındaki en büyük fark (norm L_∞) minimize edilmektedir.

n ve m 'nin sırasıyla alternatif ve kriter sayısını, D_j 'nin çok kriterli performans ile j tek kriter performansı arasındaki farkı, Z 'nin bu farkın toplamını, w_j 'nin j kriterinin ağırlığını, V_i 'nin i alternatifinin çok kriterli performansını, n_{ij} ve p_{ij} 'nin sırasıyla negatif ve pozitif sapma değişkenlerini, v_{ij} 'nin j kriteri için i alternatifinin normalize değerini göstermesi koşuluyla modeller şu şekildedir:

Norm L_1 :

$$\text{Amaç Fonksiyonu: } Z(\min) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m n_{ij} p_{ij}$$

$$\text{Hedefler: } \sum_{j=1}^m w_j v_{ij} + n_{ij} - p_{ij} = v_{ij} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.74)$$

$$\text{Kısıt: } \sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (2.75)$$

Norm L_1 için tanımlanan yukarıdaki model sonucunda elde edilen veriler aracılığıyla V_i , D_j ve Z değerleri, (2.76), (2.77) ve (2.78) aracılığıyla hesaplanmaktadır:

$$\sum_{j=1}^m w_j v_{ij} = V_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.76)$$

$$\sum_{i=1}^n (n_{ij} + p_{ij}) = D_j \quad j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2.77)$$

$$\sum_{j=1}^m D_j = Z \quad (2.78)$$

D 'nin tek kriter ile çok kriter arasındaki maksimum sapmayı göstermesi üzere Norm L_∞ için tanımlanan model şu şekildedir:

Norm L_∞ :

$$\text{Amaç Fonksiyonu: } Z(\min) \quad D$$

Hedefler:
$$\sum_{j=1}^m w_j v_{ij} + n_{ij} - p_{ij} = v_{ij} \quad i=1,2,3,\dots,n \quad j=1,2,3,\dots,m \quad (2.79)$$

Kısıtlar:
$$\sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (2.80)$$

$$\sum_{i=1}^n (n_{ij} + p_{ij}) \leq D_j \quad j=1,2,3,\dots,m \quad (2.81)$$

Norm L_∞ için tanımlanan yukarıdaki model sonucunda elde edilen veriler aracılığıyla, Norm L_1 e yönelik yapılan işlemlerin aynısı işletilerek V_i , D_j ve Z değerleri hesaplanmaktadır:

$$\sum_{j=1}^m w_j v_{ij} = V_i \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (2.82)$$

$$\sum_{i=1}^n (n_{ij} + p_{ij}) = D_j \quad j=1,2,3,\dots,m \quad (2.83)$$

$$\sum_{j=1}^m D_j = Z \quad (2.84)$$

2.6. Çözüm Yöntemleri

Yer seçimi konusunda yazında ele alınan matematiksel modellerin çözümü için çok çeşitli yöntemler sunulmuştur. Bu yaklaşımlar; kesin çözümün bulunmasını sağlayan ve yaklaşık değer veren (sezgisel ve meta-sezgisel, simülasyon ve CBS) yöntemlerdir.

2.6.1. Kesin çözümün bulunmasını sağlayan yöntemler

Genellikle tamsayılı lineer programlama aracılığıyla üretilen ve hesaplanabilirlik açısından fazla çaba gerektiren yöntemlerdir. Sayımlama, Dal – Sınır, Kesme Düzlemi, Dal – Kesme, Dinamik Programlama ve Lagrange Gevşetme kesin yöntemlerdir. Sayımlama, problemin çözümüne yönelik tüm olasılıklar için amaç fonksiyon değerini hesaplayarak en iyi sonucu veren yöntemin seçimine yönelik bir yaklaşımdır. Böylece, az sayıda değişken içeren problemler için kullanışlı bir yöntem olup, büyük ölçekli problemler için çözüm süresinin çok uzun olması nedeniyle elverişli olmaması gerekçesiyle sıklıkla kullanılmamaktadır. Benzer şekilde dal – sınır ve dinamik programlama yöntemleri, az sayıda değişken içeren küçük problemler için etkin yanıt

vermekteyken, problemin büyüklüğü arttıkça hesaplama süresi kabul edilebilir limitlerin üzerine çıkmakta, bu nedenle büyük ölçekli problemlerin çözümü için kesme düzlemi ve dal-kesme yaklaşımları tercih edilebilmektedir.

2.6.1.1.Dal-sınır

İlk olarak Dantzig ve diğ. (1954) tarafından Gezgin Satıcı Problemi için uygulanan yöntem, tamsayı veya karışık doğrusal programlama problemlerinde kesin çözümün bulunması için yaygın olarak kullanılan yaklaşımlardandır (Land ve Doig, 1960; Dakin, 1965). Yöntem gereği temel olarak, tüm olurlu çözüm seçenekleri belirlenmekte ve olurlu olmayan çözümler önceden elenmektedir. Arama ağacının her düğüm noktası, amaç fonksiyon değeri için daha düşük bir sınır noktası içeren çözüm kümesinin bir alt kümesi olup tamsayılı değişkenlerin alabilecekleri en küçük ve en büyük değerler arasında gevşetilmesi sonrası problem çözülmekte, böylece en iyi çözüm için sınır bulunmaktadır. Düğüm noktalarının gittikçe artması durumunda daha dar bir çözüm kümesi elde edilmektedir. Algoritmaya göre, belli bir düğümdeki amaç fonksiyonu değeri güncel olan en iyi amaç fonksiyon değerinden daha kötü ise ya da olurlu olmayan bir çözüm bulunması durumunda dal sonlandırılmaktadır. Bu sayede her alt küme için daha fazla araştırma gerekip gerekmediği belirlenmekte, en iyi sonuç bulunana kadar alt kümeler oluşturulmakta ve tüm dallar sonlandırıldıktan sonra problemin çözümüne ulaşılmaktadır. Yöntemin yazında farklı konularda çok sayıda örneğine rastlanmaktadır (Dileepan ve Sen 1991; Chu, 1992; Yeh, 2001; DellaCroce ve diğ., 2002).

2.6.1.2.Kesme düzlemi

Tamsayılı doğrusal programlama modelleri için, Gomory (1963) tarafından geliştirilmiş yöntemdir. Kesme düzlemi yöntemine göre, ilk aşamada doğrusal programlama probleminin en iyi çözümü bulunmaktadır. Bu çözüme göre tüm karar değişkenleri tamsayı değeri almakta ise algoritma sonlandırılmakta, aksi durumda doğrusal programlama çözümü ile elde edilen en iyi çözüme göre tamsayı olmayan değişkenlerden biri seçilmekte ve en iyi çözüm tablosunda bu değişkenin yer aldığı satırdaki değişkenlerin katsayıları tamsayı ve kesirli olacak şekilde ayrı ayrı yazılıp tamsayılı değişkenler, denklemin sağ tarafına alınmaktadır. Sağ taraftaki tamsayılı değişkenler atılmakta, böylece denklem eşitsizliğe dönüşmekte ve oluşturulan “kesme”

sayesinde yeni bir kısıt elde edilmektedir. Yeni kısıtın, eşitlik haline getirilmesi için probleme yeni bir değişken eklenmekte ve doğrusal programlama problemi yeniden çözülmektedir. Tüm değişkenlerin tamsayılı değer alması durumunda algoritma sonlandırılmakta, aksi durumda yeni kesmeler oluşturularak problem tekrar çözülmektedir (Öztürk, 2002).

2.6.1.3.Dal-kesme

Dal-sınır ile kesme düzlemi algoritmasının birleşimi niteliğindeki tamsayılı programlama problemleri için etkin çözüm veren yöntemlerden biridir. Diğer kesin yöntemlerde olduğu gibi farklı alanlarda uygulanmış olup yazında konuyla ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Nemhauser ve Sigismondi, 1992; Aardal ve diğ., 1996; Blasum ve Hochstattler, 2000; Junger ve Thienel, 2000; Barahona ve Ladanyi, 2001). Dal-sınır ve kesme düzleminde olduğu gibi dal-kesme yöntemi de doğrusal programlama probleminin çözümü ile başlamaktadır. Dal-sınır yaklaşımında olduğu gibi bu yöntemde de çözüm alanının bölündüğü küçük alt problemlere *dallandırma noktaları* adı verilmekte ve her alt problem için amaç fonksiyon değeri (en büyükleme / küçükleme olma durumuna göre) alt ve üst sınırlarla karşılaştırılarak daha fazla araştırma gerekip gerekmediği değerlendirilmektedir. Genellikle en iyi sınır değerini veren ve henüz elenmemiş alt problemler üzerinden dallandırma yapılmakta ve elde edilen çözümdeki tüm değişkenlerin tamsayılı değer almaması halinde, kesme düzlemi kuralına göre mevcut doğrusal programlama problemi için ek bir kısıt oluşturulmakta, en iyi çözüm bulunana kadar dallandırma ve kesme işlemi devam etmektedir.

2.6.1.4.Dinamik programlama

Bellman (1957) tarafından geliştirilen yöntem olup ele alınan problemlerin aşamalar halinde çözümlenerek her aşamada en uygun çözümün bulunmasına yönelik yaklaşımdır. Shampiling ve Stevens (1967) tarafından ifade edildiği üzere, diğer matematiksel programlama yöntemlerinden farklı olarak, her aşamanın öncekiler ile sırasal ilişkisi içinde olmasından dolayı en iyi çözüme iteratif olarak değil yinelemeli yaklaşım ile ulaşılmaktadır. Böylece, her aşamada elde edilen çözüm kendi başına problemin bir çözümünü temsil etmemekte, en iyi çözüme dair bilgiyi içermektedir.

Ele alınan problemten bağımsız olarak, dinamik programlamada *aşama*, *durum*, *politika kararı* ve *yineleme ilişkisi* kullanılmaktadır. Çözülen problemin alt problemlere bölünerek sıralı işlemler haline getirilmesine, böylece karar verme sürecine destek olan duruma *aşama*, her aşamada sistemin alabileceği değere *durum*, her aşamada en uygun seçeneğin tercih edilmesine *politika kararı* denilmektedir. Dinamik programlama algoritmasında her aşamadaki olası durumlarda verilebilecek karara göre, ilgili aşamanın sonraki ve önceki aşamalarında hangi duruma varılacağını belirleyen süreç, *yineleme ilişkisi* olarak adlandırılmaktadır.

Dinamik programlama, karmaşık problemlerin birbiriyle ilişkili alt problemlere ayrılarak kolay bir şekilde çözülebilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca yöntemde, olası tüm seçeneklerin değerlendirilmemesinin etkisiyle hesaplama kolayca gerçekleştirilmekte, böylece etkin duyarlılık analizi yapılabilmektedir (Sevinç, 2008). Sağladığı bu avantajlar sayesinde dinamik programlama ile çözülen problemlere yazında sıkça rastlanmaktadır (Zaras, 2004; Bazgan ve diğ., 2009; Mahdavi ve diğ., 2009).

2.6.1.5.Lagrange gevşetme

Karmaşık en iyileme problemlerinin çoğu, çözümü zorlaştıran az sayıda kısıttan oluşmaktadır. Geoffrion (1974) tarafından Lagrange Yöntemi olarak adlandırılan yaklaşım, bu kısıtların elenerek amaç fonksiyonuna dâhil edilmesi durumunda problemin orijinal haline göre daha kolay çözülebileceği temeline dayalı olup yazında farklı konular üzerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Lorena ve Lopes, 1994; Lorena ve Narciso, 1996). Yöntemin örnek uygulaması olarak; x 'in n adet değişkenden, b ve e 'nin sırasıyla m ve k adet kısıttan oluştuğu bilgisiyle:

$$\text{Enk } Z: cx$$

$$Ax=b \quad (2.85)$$

$$Dx \leq e \quad (2.86)$$

$e \geq 0$ ve tamsayı, karmaşık bir tamsayı doğrusal programlama probleminde $Ax = b$ ve $Dx \leq e$ olmak üzere iki ayrı kısıt grubu bulunmakta ve temelde, $Ax = b$ kısıtları problemin çözümünü zorlaştırmaktadır. Böylece, problemin daha kolay çözülebilir hale

getirilmesi için $Ax = b$ kısıtlarının gevşetilerek her u değerinin Lagrange Çarpanı olarak adlandırıldığı ve $u = (u_1, u_2, u_3, u_4, \dots, u_m)$ vektörünü ifade etmesi üzere;

$$\text{Enk } Z(u): cx + u(Ax - b)$$

$$Dx \leq e \quad (2.87)$$

$x \geq 0$ ve tamsayı olacak şekilde, orijinal probleme göre daha kolay çözülebilecek nitelikteki gevşetilmiş yeni problem elde edilmektedir. $Z(u) = Z$ eşitliğini sağlayan u değerlerinin her zaman bulunması garanti edilemediği için, orijinal problem için uygun çözüm üretebilmek amacıyla gevşetilmiş problemin uygun çözüm civarındaki değerlerinden yararlanılabilmektedir. Orijinal problemdeki karmaşık kısıtların amaç fonksiyonuna ilave edilmesiyle elde edilen yeni problemin çözümü, (en küçükleme problemleri için alt, en büyükleme problemleri için üst sınır olacak şekilde) orijinal problemin en iyi değerine yönelik bir sınır değeri vermekte böylece, Lagrange yöntemi genellikle orijinal problem için sınır değeri bulmak amacıyla kullanılmaktadır. Problemin yapısına özgü uygun bir sezgisel yöntem kullanılarak, iteratif olarak orijinal problem için uygun çözüm değeri aranmaktadır. Bu yöntem ile elde edilen çözüm sonunda elde edilen ve küçük olması istenen iki çözüm değeri arasındaki fark, *Dual Aralığı* (“Duality Gap”) olarak adlandırılmaktadır. Öte yandan, orijinal problemde birbirinden farklı kısıtların gevşetilmesi söz konusu olabildiği zaman farklı Lagrange problemleri elde edileceği için, kabul edilebilir çözüm süresi içinde daha iyi sınır değeri veren probleme göre dualize edilecek kısıt belirlenmelidir. Öte yandan Lagrange çarpanlarının belirlenmesi için Aşamalı Optimizasyon Yöntemi, Simpleks yöntemine göre Kolon Üretme Tekniği ve Çarpan Ayarlama Yöntemi olmak üzere üç farklı yaklaşım bulunmaktadır (Fisher, 1981).

2.6.2. Yaklaşık çözüm veren yöntemler

En iyi çözümünü bulmak için gerekli zamanın, problem boyutuna bağlı olarak üstel artış gösterdiği NP – Zor problemlerde kesin yöntemler, kabul edilebilir süre içinde sonuç verememektedir. Öte yandan, bazı problemler için kesin yöntemlerin kullanılmasının maliyeti, en iyi sonucu bulmanın faydasından daha yüksek olabilmektedir. Bu nedenle söz konusu problemler için, en iyi çözümü bulmayı garanti etmeyen ancak kesin yöntemlere kıyasla daha kısa sürede (polinom zamanda) en iyiye yakın nitelikte uygun

çözüm bulmayı hedefleyen yaklaşık yöntemlerin kullanılması tercih edilmektedir. Bu amaçla; sezgisel ve meta sezgisel yöntemler ile simülasyon ve CBS, kesin çözüm veren algoritmaların kullanılmasının verimli olmadığı problemler için en iyi sonuca yakın bir sonucu bulmak üzere yazında en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir.

2.6.2.1. Sezgisel yöntemler

Reeves (1993) tarafından ifade edildiği üzere, karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan sezgisel yöntemlerin çoğu, probleme özgü olup bir problem için geliştirilen bir yöntem kolaylıkla başka bir problem için kullanılamamaktadır. Yazında, ele alınan problemin yapısına bağlı olarak sezgisel yöntemlere yönelik çok çeşitli uygulamalar bulunmakta olup; *Açgözlü* (“Greedy”) ve *Değişmeli* (“Exchange”) *Sezgiseller* en yaygın kullanılan yöntemler arasındadır.

Açgözlü sezgiseller, her adımda problemin amaç fonksiyon değerini en iyi şekilde iyileştiren değişkenlerden birine değer atayarak iteratif olarak problem için uygun bir çözüm bulmakta, böylece her bir adımda sonraki adımların maliyet veya sonuçlarını hesaba katmadan mevcut en iyi çözümü aramaktadır. Bu nedenle açgözlü sezgiseller, her adımda mevcut bilgileri kullanarak amaç fonksiyon değerinde artış olmasının mümkün olmayacağı aşamaya kadar yeni çözüm arayışına devam etmektedir. Açgözlü sezgisellerin en bilinen örneği, Gezgin Satıcı Problemi için uygun bir tur oluşturmak amacıyla kullanılan *En Yakın Komşu* algoritmasıdır. Algoritmaya göre; gezgin satıcı turu için rassal olarak başlangıç düğümü seçilir, tura dâhil edilen son düğümün en yakın komşusu, tura eklenir ve tura dâhil edilmeyen tüm düğümler için önceki adımdaki işlem tekrar edilir, turun ilk ve son düğümü birbirine bağlanarak yöntem sonlandırılır. Değişmeli Sezgiseller, rassal olarak ya da başka bir sezgisel yöntem aracılığıyla seçilen uygun bir başlangıç çözümünün üzerinde yapılan değişimler sayesinde mevcut çözümü geliştirmeye çalışan yöntemlerdir. Yine Gezgin Satıcı Problemi için kullanılan *2-OPT* algoritması, değişmeli sezgisel yöntemlerin en yaygın örneklerinden biridir. Algoritmaya göre; başlangıç çözümü olarak bir tur oluşturulduktan sonra, iki düğüm iptal edilerek tur maliyetini düşüren farklı bir düğüm seti ile değiştirilir ve tur maliyetinde düşüş olmayıncaya kadar yöntem devam eder (Öztürk ve diğ., 2013).

2.6.2.2. Meta sezgisel yöntemler

Kombinatoriyel problemlerin çözümü için önerilen sezgisel yöntemler, yöneylem araştırmasının tanıtıldığı günden bu yana kullanılmaktadır. Ancak 1970’li yıllarda karmaşıklık teorisinin gelişimi ile birlikte sürekli – kesikli, statik – dinamik, kısıtlı – kısıtsız ya da tek – çok amaçlı olan NP-zor birçok problemin kesin çözümünün sezgisel yöntemler aracılığıyla bulunmasının kolaylıkla mümkün olmadığı anlaşılmış, böylece çeşitli meta sezgisel yöntemler önerilmiştir. Stutzle (1999) tarafından yapılan tanıma göre meta sezgiseller, arama uzayında kaliteli çözümlere ulaşmak için probleme özgü sezgisellere rehberlik eden ve arama sırasında kötü hareketlere izin vererek ya da iyi başlangıç çözümleri sayesinde yerel en iyi noktalara yakalanmamayı amaçlayan yüksek seviyeli yöntemlerdir. Bu yöntemler, genelde çözümü için kendisine özgü algoritma olmayan problemler için uygulanmakta olup ortak özellikleri itibariyle fizik, biyoloji vb. alanlara özgü prensiplere dayalı olarak doğadan esinlenen, çözülen problemin yapısına göre önceden sabitlenmiş çeşitli parametreleri kullanan, en iyi ya da en iyiye yakın çözümleri bulmak için arama uzayını hızlı bir şekilde araştıran ve genellikle deterministik olmayan algoritmalarıdır. Arama uzayı, problemin yapısına göre oluşacak şekilde, arama boyunca ziyaret edilebilecek olası tüm çözümlerin kümesini göstermekteyken komşuluk yapısı, meta sezgisel yöntemin her iterasyonunda mevcut çözüme uygulanabilecek yerel dönüşümlerin arama uzayında oluşturduğu bir alt kümeyi temsil etmektedir. Probleme özgü olmayan meta sezgisel yöntemler, yerel en iyi noktalara takılmamak ve iyi bir çözümü bulabilmek için *Yoğunlaştırma* (“intensification”) ile *Çeşitlendirme* (“diversification”) arasında denge sağlamakta ve bu denge, verilen bir optimizasyon problemi için uygulanan meta sezgisel yöntemin başarısını göstermektedir. Yoğunlaştırma, arama sırasında elde edilen bilginin kullanılmasını çeşitlendirme ise, arama uzayında yapılan araştırmayı ifade etmektedir. Birattari ve diğ. (2001) tarafından bahsedildiği üzere mevcut meta sezgisel yöntemler arasındaki temel fark, yoğunlaştırma ve çeşitlendirme arasındaki dengeyi farklı yollardan sağlaması esasına dayalıdır.

Öte yandan meta sezgisel yöntemler; esin kaynakları, çözüm arama şekli, hafıza yapısı, komşuluk üretme, arama esnasındaki çözüm sayısı vb. birçok özelliğe göre kendi içinde gruplara ayrılabilir. Vaessens ve diğ. (1998) tarafından detaylandırıldığı üzere meta

sezgiseller, arama esnasında kullanılan çözüm sayısına göre Tek Çözüme Dayalı (TA, Benzetimli Tavlama vb.) ile Çözümlerin Topluluğuna Dayalı (Genetik Algoritma, Karınca Kolonisi Optimizasyonu, Kuş Sürüsü Optimizasyonu); esin kaynaklarına göre Doğadan Esinlenen (Genetik Algoritma, Karınca Kolonisi Optimizasyonu, Kuş Sürüsü Optimizasyonu) ile Doğadan Esinlenmeyen (TA vb.); arama sırasında elde edilen bilgiyi kullanıp kullanmama durumuna göre Hafıza Kullanan (TA vb.) ile Hafıza Kullanmayan (Benzetimli Tavlama vb.) olarak sınıflandırılabilir. Çeşitli problemlerin çözümünde kullanılmak üzere yazında en yaygın olarak karşılaşılan meta sezgisel yöntemler; TA, Benzetimli Tavlama, Karınca Kolonisi Optimizasyonu, Genetik Algoritma, Yapay Sinir Ağları, Parçacık Sürü Optimizasyonu ve Işın Arama yöntemleridir.

a. Tabu arama

TA, Glover (1977) tarafından, yerel arama algoritması olarak sunulmuş, yöneylem araştırması yazınındaki çeşitli karmaşık problemin çözümü için birçok çalışmada (Glover ve Laguna, 1997; Glover ve diğ., 1993, Osman ve Kelly, 1996; Pardalos ve Resende, 2002; Ribeiro ve Hansen, 2002; Voss ve diğ., 1999) kullanılmış ve çoğu zaman en iyi çözüme çok yakın bir değer bulunmasını sağlayan yöntemdir. Çözüm kalitesindeki başarısı sayesinde TA, büyük kombinatoriyel problemlerin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. TA yöntemi, yerel en iyi noktaya takılmayı engellemek için mevcut çözümü iyileştirmeyen hareketlere izin vermekte ve aramanın tarihçesini tutan tabu listelerinin kullanımı sayesinde önceki aşamalarda ziyaret edilen noktalara tekrar uğrama olasılığını düşürmektedir.

“Arama Uzayı” ve “Komşuluk Yapısının” nasıl olacağı, TA yönteminin en önemli prensipleri arasında yer almaktadır. Örneğin, Kısıtlı Kapasiteli Tesis Lokasyon Problemi için arama uzayı, yer ve akış değişkenlerini içeren olurlu uzay veya tek başına yer / akış değişkenlerinin olurlu vektör kümelerinden oluşabilmektedir. TA yönteminde arama uzayının olurlu çözümler içerecek şekilde kısıtlanması çoğu zaman tercih edilen bir durum olsa da, olurlu olmayan noktaların da ziyaret edilmesinin gerektiği durumlar ile karşılaşılabilmektedir.

TA yönteminde, verilen bir arama uzayı için birden fazla makul komşuluk yapısının oluşturulabilmesine dayalı olarak, yazındaki çoğu problem için çeşitli komşuluk yapıları tanımlanabilmektedir. Örneğin Atölye Tipi Çizelgeleme Problemlerinde, arama uzayının tamamen olurlu çözümlerden oluşması varsayımıyla komşuluk yapısı, makine çizelgesi ile ilişkili olarak işlerin sıralamadaki yerinin makine üzerindeki işlem sırasına denk gelecek şekilde yapılandırılması ile oluşturulabilir. Bu durumda, sıralaması değişecek şekilde bir işin hareket ettirilmesi ya da başka bir iş ile yer değiştirmesi sağlanabilir. Olurlu hareketler ile tanımlanan kısıtlı bir alt küme aracılığı ile problemlerin TA ile daha hızlı çözülmesi sağlanabilmektedir. Verilen bir problem için farklı arama uzayları hesaba katıldığında, komşuluk yapıları da uygun şekilde farklılaşabilmektedir. Örneğin tesis planlama problemleri için, arama uzayının yer değişkenleri ile tanımlanması halinde komşuluk yapıları, genellikle açma – kapama ya da yer değiştirme hareketleri olarak kullanılmaktadır. Bu da, açık bir tesisin kapanması - kapalı bir tesisin açılması ya da açık bir tesisin bulunduğu yerden başka bir yere taşınmasını ifade etmektedir.

TA yönteminin diğer önemli özelliklerinden biri olan *Tabu Listesi*, yakın zamanda araştırılan bir noktanın tekrar ziyaret edilmesini engellemek için yasaklanması amacıyla kullanılmaktadır. Yasaklı (tabu) noktalar, aramanın kısa dönemli hafızası içinde tabu listesinde saklanır ve genellikle sabit sayıda iterasyon boyunca listede tutulmaya devam edilir. Mevcut çözüm üzerinde en son gerçekleştirilen belli sayıdaki (tabu listesi uzunluğu kadar) hareketin tersinin yasaklanması, en yaygın olarak kullanılan tabu listesi tutma yöntemidir. TA yönteminde, problemin yapısına göre aynı anda birden fazla tabu listesi kullanılabilir. Örneğin, tesis planlama probleminde tesis açma – kapama ve yer değiştirme şeklindeki komşuluk yapılarının ikisi aynı anda kullanılırsa, her hareket tipi için ayrı bir tabu listesinin kullanılması fayda sağlamaktadır. Tabu listeleri genelde sabit büyüklükte tanımlanmakta ve bu durum, zaman zaman döngüye neden olabilmektedir. Bu nedenle, bazı çalışmalarda arama boyunca farklı tabu listesi büyüklüğünün kullanılması önerilmiştir (Taillard, 1991).

Tabu Yıkma Kriteri, tabu listesinde yer almasına rağmen kabul edilecek bir hareket için eşik değerini ifade etmekte ve genelde bilinen en iyi sonuçtan daha iyi çözüm veren, bu sayede daha önce hiç ziyaret edilmemiş bir nokta sayesinde bulunan değere denk gelmektedir. Temel ilke, döngü oluşmazsa tabunun yıkılabileceği üzerine kuruludur.

Öte yandan, TA yönteminde kullanılan en yaygın *Durma Koşulları*; belli sayıdaki iterasyon ya da sabit bir süreye erişilmesi, amaç fonksiyonunda belli sayıda iterasyon boyunca iyileşme olmaması ya da amaç fonksiyonunun önceden tanımlanan bir eşik değerine ulaşması olarak kullanılmaktadır. En basit haliyle TA algoritması şu şekildedir:

- [1] S içinde yer alan bir başlangıç çözümü seçilir ve $i^* = i$, $k = 0$ olarak belirlenir.
- [2] $k = k+1$ olarak belirlenir ve $N(i,k)$ içinde yer alıp tabu listesinde bulunmayan ya da tabu yıkma kriterine uygun şekilde V^* alt kümesi çözümü elde edilir.
- [3] V^* içinde yer alan en iyi çözüm değerine sahip j bulunur ve $i = j$ olarak belirlenir.
- [4] Eğer en büyükleme problemi için $f(i) < f(i^*)$ ya da en küçükleme problemi için $f(i) > f(i^*)$ ise, $i^* = i$ olarak belirlenir.
- [5] Tabu listesi ve yıkma kriterine yönelik koşullar güncellenir.
- [6] Durma koşul / koşulları sağlanmışsa algoritma sonlandırılır, aksi durumda Adım-2'ye dönlür.

b. Benzetimli tavlama

Benzetimli Tavlama, ilk olarak Cerny (1985) tarafından ele alınmış, bir metalin daha düşük enerji seviyesine ulaşana kadar yavaş yavaş soğutulduğu durumun taklit edildiği, stokastik arama özelliğini kullanan meta sezgisel yöntemlerden biridir. Yerel en iyi noktaya takılmayı engellemek ve global en iyi çözümü bulmak amacıyla, olasılığı gittikçe azalmak koşuluyla mevcut amaç fonksiyonuna kıyasla daha kötü çözümlere de izin verilmekte, bu sayede kombinatoriyel optimizasyon problemleri için en iyi ya da en iyiye yakın çözüm bulunmasına hizmet etmekte, böylece farklı alanlarda olmak kaydıyla yazında sıklıkla kullanılmaktadır (Candalino ve diğ., 2004; Seçkiner ve Kurt, 2007; Lee ve diğ., 2007; Paik ve Soni, 2007).

Başlangıç sıcaklığı, sıcaklık azaltma fonksiyonu, sıcaklık değeri ile aranacak çözüm sayısı ve durdurma koşulları, yöntemin parametreleridir. Algoritma, rassal olarak ya da sezgisel aracılığıyla üretilen bir başlangıç çözümü kullanılarak *Sıcaklık* parametresinin (T) belirlenmesi ile başlamaktadır. T değerinin, bir önceki çözümden daha kötü olan bir çözümün kabul edilme olasılığının hesaplanmasında kullanılmasına bağlı olarak; başlangıç aşamasında kötü çözümleri kabul edecek kadar yüksek olması ve her

iterasyonda gittikçe azalarak algoritmanın sonuna doğru kötü çözümleri kabul etme olasılığı sıfıra yaklaşacak şekilde azalması beklenmektedir. Yöntem gereği soğutma işlemi, sıcaklık azaltma fonksiyonundan yararlanılarak yavaş yavaş yapılmaktadır. k 'nın problemin çözüm adımını ve C 'nin sabit bir değeri gösterdiği bilgisiyle, Eglese (1990) tarafından tarif edildiği üzere yazında en yaygın olarak kullanılan sıcaklık azaltma fonksiyonları:

- ✓ Aritmetik fonksiyon: $T_k = T_{k-1} - C$
- ✓ Geometrik fonksiyon: $T_k = T_{k-1} * a$ ($a < 1$ ve 1'e yakın)
- ✓ Ters fonksiyon: $T_k = C / (1 + k)$
- ✓ Logaritmik fonksiyon: $T_k = C / (\log (1 + k))$ şeklindedir.

Benzetimli Tavlama yönteminin her bir adımında mevcut çözümün komşuları arasından çok sayıda çözüm üretilir ve önceden belirlenen kriterlere göre yeni çözüm/çözümler kabul ya da reddedilir. Ayrıca her sıcaklıkta aranacak çözüm sayısının bulunması için aşağıdaki formüllerden yararlanılır:

- ✓ Sabit: $N_k = C$
- ✓ Aritmetik: $N_k = N_{k-1} + C$
- ✓ Geometrik: $N_k = N_{k-1} / a$ ($a < 1$)
- ✓ Logaritmik: $N_k = C / (\log (T_k))$
- ✓ Üstel: $N_k = (N_{k-1})^{(1/a)}$ ($a < 1$)

Önceden belirlenen en büyük sayılı iterasyona ya da en düşük sıcaklığa ulaşılması durumunda, algoritma sonlandırılmakta ve bulunan en iyi çözüm problemin sonucu olarak tutulmaktadır.

c. Karınca kolonisi optimizasyonu

İlk olarak Dorigo ve diğ. (1991) tarafından ele alınan yöntem, popülasyon temelli meta sezgisel olarak karınca topluluklarının davranışlarının matematiksel modelleri üzerine dayalı olup yazında çeşitli problemler için kullanılmıştır (Dorigo ve diğ., 1997; Randall, 2002; Middendorf ve diğ., 2002; Rajendran ve Ziegler, 2005; Yıldırım ve Çatay, 2012). Besin kaynağı ve barınma noktaları arasında hareket ederken önceden belirlenen yoldan geçen karıncalar vücutlarından, haberleşme aracı olarak kullanılan ve ele alınan problemin çözüm kalitesini etkileyen “feromon” adında bir kimyasal madde salgılamaktadır. Geçilen yoldaki feromon izinin yoğunluğu, yolun kalitesini (kısa

olduğunu) göstermekte, böylece karıncalar tarafından yolun tercih edilmesine yönelik kriter teşkil etmekte olup yoldaki feromon izi, karıncaların yoldan geçiş sıklığına göre güncellenmektedir.

Karıncaların kısa yollardan geçişi, uzun yollara kıyasla daha hızlı olduğu için birim zamanda geçiş yapan karınca sayısı kısa yollarda daha fazla olmakta böylece kısa yollarda, uzun yollara kıyasla daha fazla feromon birikmektedir. Dolayısıyla yol üzerinde bulunan feromon miktarı, yolun uzunluğuyla ters orantılıdır. Keskintürk ve Söyler (2006) tarafından ifade edildiği üzere Karınca kolonisi algoritmasında; $\tau(i,j)$ değerinin i ve j noktaları arasındaki feromon miktarı; $\eta(i,j)$ gösteriminin i ve j noktaları arasındaki seçilebilirlik parametresi, $\delta(i,j)$ 'in i ve j noktaları arasındaki mesafe, $J_k(i)$ 'nin i noktasından karıncanın gidebileceği noktaları, α ve β 'nin ise ayarlanabilir parametreler olduğu bilgisiyle, i noktasında bulunan bir karıncanın hangi yolu tercih edileceği iki şekilde gerçekleştirilmektedir. Kurallardan biri q_0 olasılık ile en yoğun feromon miktarına sahip olan yolun seçilmesine dayalı olup genelde 0,9 olarak kullanılmaktadır.

$$j = \text{maks}_{u \in J_k(i)} \{ [\tau(i,u)]^\alpha \times [\eta(i,u)]^\beta \} \quad \text{eğer } q \leq q_0 \quad (2.88)$$

Diğer kural ise, yollardaki feromon iziyle orantılı olacak şekilde $1 - q_0$ olasılıkla $J_k(i)$ 'nin elemanı olan yani karıncanın henüz ziyaret etmediği noktalardan birinin seçimine yöneliktir ve hesaplama yöntemi (2.89)'da gösterilmiştir.

$$p_k(i,j) = \begin{cases} \frac{[\tau(i,j)]^\alpha \times [\eta(i,j)]^\beta}{\sum_{u \in J_k(i)} [\tau(i,u)]^\alpha \times [\eta(i,u)]^\beta}, & \text{eğer } j \in J_k(i) \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (2.89)$$

Öte yandan çözüm uzayında arama yapılması için karıncaların geçtiği yol üzerindeki feromon miktarı, yerel ve global olmak üzere temelde iki farklı şekilde güncellenmektedir. Feromon miktarının yerel olarak güncellenmesi, karıncaların değişen feromon düzeyine bağlı olarak her iterasyonda dinamik olarak yollarını değiştirip daima daha kısa yolların bulunmasını sağlamakta ve geçiş yapılan yolun tercih olasılığını artırmaktadır. $L^k(t+1)$ k karıncasının toplam tur uzunluğu, $\tau_{ij}(t)$ t iterasyonuna kadar biriken feromon düzeyi, $\Delta \tau_{ij}^k(t+1)$ t iterasyonundaki feromon düzeyi ve ρ ($0 \leq \rho \leq 1$) feromon buharlaşma parametresi olmak üzere, feromon miktarı lokal olarak (2.90) ve (2.91)'de gösterildiği şekilde güncellenmektedir.

$$\Delta\tau_{ij}^k(t+1) = \begin{cases} \frac{1}{L^k(t+1)}, & k \text{ karıncası } (i,j) \text{ yolunu kullanmışsa,} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (2.90)$$

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-p)\tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t+1) \quad (2.91)$$

Global feromon güncellemesi ise, mevcut adımdaki en iyi sonuca sahip karıncanın izlediği yolun feromon düzeyinin artırılması ve bulunan en iyi sonuçların belli bir oranda sonraki iterasyonlara aktarılması prensibine dayalıdır. $L_{best}(t+1)$ mevcut iterasyonda bulunan en iyi turun uzunluğu olmak üzere, feromon miktarı lokal olarak şu şekilde güncellenmektedir.

$$\Delta\tau_{ij}(t+1) = \begin{cases} \frac{1}{L_{best}(t+1)}, & (i,j) \text{ en iyi tura ait ise,} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (2.92)$$

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-p)\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}^k(t+1) \quad (2.93)$$

Karıncalar sayısı, q_0 , α ve β ; algoritmanın ayarlanabilir parametreleri olup etkin olarak seçilmesi durumunda algoritmanın çözüm ve hız kalitesine önemli derecede etki etmektedir. Problem büyüklüğü ve uygulama alanına bağlı olarak değişen karınca sayısının yüksek olması, çözümde iyileşme sağlamakta ancak işlem süresinin uzamasına neden olmaktadır. q_0 değeri en iyi çözümün sonraki iterasyonlara aktarılması olasılığını belirlemekte olup mevcut karıncaların %90 olasılıkla en iyi çözümü sağlayan yolu takip etmesi, %10 olasılıkla feromon izine bağlı olarak yolunu belirlemesi prensibine dayalı olarak genelde 0,90 olarak kullanılmaktadır. α , yolun feromon miktarının önemini belirlemekte ve yüksek olması feromon miktarı fazla olan yolların seçilme olasılığını arttırmaktadır. β , yol uzunluğunun bir sonraki noktanın seçimindeki etkisini belirlemekte olup yüksek olması, sonraki yolun rassal olarak seçilme şansını arttırmakta, düşük olması ise alternatif çözümlerin araştırılması olasılığını azaltmaktadır (Keskintürk ve Söyler, 2006).

d. Genetik algoritma

Doğal sistemlerin uyarlanabilirliğini teorik olarak göstermek ve önemli özelliklerini kullanan bir yapay sistem yazılımını geliştirmek amacıyla ilk olarak Holland (1975) tarafından tanıtılan, evrim teorisi esasına göre çalışarak verilen bir problem için en iyi ya da en iyiye yakın çözümü bulmaya çalışan bu algortmada, potansiyel çözümler ikili olan ya da olmayan sistemlere dayalı veri yapısında basit diziler olarak şifrelenmekte ve

söz konusu dizilere bazı işlemler uygulanmaktadır (Goldberg, 1989). Genetik algoritma, ele alınan problemler için basit ve kısa sürede iyi sonuç bulabilmesinin etkisiyle yazında çok farklı alanlarda yaygın bir şekilde ele alınmıştır (Beasley ve diğ. 1993; Freisleben ve Merz, 1996; Alba ve Troya, 1999; Konak ve diğ., 2006; Huang ve diğ., 2007; Chi ve diğ., 2007; Liu ve Ong, 2008). Genetik algoritmada, esin kaynağı dolayısıyla popülasyon, kromozom, gen, mutasyon, kopyalama, çaprazlama vb. genetik bilimi ile paralel terminoloji kullanılmaktadır. Algoritmada, bireylerin oluşturduğu topluluğa *popülasyon* denir. Popülasyon içerisindeki her bireyin genetik özelliklerinin taşındığı, *genlerin* birleşiminden meydana gelen ve *dizi* halinde gösterilen *kromozomlar* bulunmaktadır. Kromozom ya da kromozomlar grubunun amaç fonksiyonundaki performansı *uygunluk*, uygunluk değerinin kromozomların genetik yapısının fiziksel açıklamasına denk gelen fenotip değerine göre hesaplandığı fonksiyon ise *uygunluk fonksiyonu* olarak adlandırılmaktadır. (Holland, 1975). *Kodlama, seçim yöntemi, çaprazlama / mutasyon oranı ve yöntemi* ile *uygunluk fonksiyonu*, genetik algoritmaların parametreleridir.

İkili, permütasyon ve değer kodlama yazındaki genetik algoritma içeren çalışmalarda en yaygın olarak kullanılan kodlama çeşitleridir. İkili kodlamada, her kromozom 0 ve 1 içeren ikili diziyeye sahip olup bu dizideki her bit, çözümün belli özelliğini temsil etmektedir. Örneği Çizelge 2.4'te görülen permütasyon kodlamada, her kromozom, sayıları bir sırada temsil eden bir dizi niteliğinde olup genellikle gezgin satıcı ve çizelgeleme problemlerinde kullanılmaktadır. Değer kodlama, ikil kodlamanın uygulanmasının elverişli olmadığı ve karmaşık değerlerin kullanıldığı problemlerde uygulanmaktadır.

Çizelge 2.4 : Permütasyon kodlamalı kromozom örnekleri.

Kromozom	Kodlama
Kromozom A	1 2 7 5 6 8 3 9 4
Kromozom B	9 2 1 7 5 3 4 6 4

Seçim, yeni popülasyon oluşturulurken hangi bireylerin seçileceğine yönelik uygulanan yöntem olup algoritmanın iyi sonuç verebilmesi için büyük önem teşkil etmektedir. Goldberg (1989) tarafından bahsedildiği üzere genetik algoritmada uygunluk değerine

göre eşleşmek amacıyla ebeveynlerin seçiminde kullanılan 3 temel yaklaşım vardır. *Rulet-çemberi*, en yaygın kullanılan seçim yöntemi olup tüm bireyler bir çizgi üzerinde birbirine bitişik bölümler şeklinde dizilmekte ve her bir bireyin uygunluk değeri, tüm bireylerin uygunluk değerleri toplamına bölünerek seçilme yüzdeleri hesaplanmaktadır. Üretilen rassal sayıların denk geldiği bölüme göre, gerekli sayıya ulaşınca kadar sürdürmek kaydıyla ilgili bölümdeki bireyler seçilmektedir. Seçilme yüzdeleri, rulet tekerleği üzerinde kaplanan alana denk gelmekte olup yüksek uygunluk değerine sahip kromozomların seçilme olasılığı büyüktür. Uygunluk değerlerinin çok fazla değişmesi durumunda rulet çemberinin kullanımı elverişli olmamaktadır. Bu durumda kullanılan *Rank* seçim yöntemine göre, yine önce popülasyonu oluşturan bireylerin uygunluk değerleri hesaplanmakta sonra en kötü uygunluk değerine sahip olan bireye 1, en iyiye ise popülasyondaki birey sayısına (N) eşit bir değer atanıp 1'den N 'ye kadar tüm değerler toplanarak her bir bireyin sahip olduğu değer toplam değere bölünmesi ile seçilme yüzdesi tespit edilmekte, sonunda rulet çemberi tekniğinde olduğu gibi rassal sayılar yardımı ile yeni nesle eklenecek bireyler seçilmektedir. *Kararlı durum* seçim yöntemine göre, bireylerin sadece bir tanesi silinmekte ve sadece bir tane yeni dizi üretilmekte, geri kalan tüm bireyler yeni nesle kopyalandığı için her nesilde sadece bir adet yeni birey oluşturulmaktadır. Bir ya da daha fazla en iyi kromozomun yeni nesle doğrudan aktarılması ve kopyalanan bu bireylere hiçbir işlem uygulanmamasına ise “*elitizm*” denilmektedir.

Bir önceki nesilden kopyalanan bireylerin kromozom yapılarını değiştirerek popülasyona yeni bireyler kazandırmak amacıyla popülasyondaki bireyler arasında gerçekleştirilen gen alış verişi *çaprazlama*, bireylerin eşleştikleri zaman çaprazlama yapıp yapılmayacağına ilişkin olasılığa denk gelen orana ise *çaprazlama oranı* denilmektedir. Değişik bireylerin oluşması amacıyla çaprazlama oranı genelde yüksek kullanılmaktadır. Popülasyondaki birey sayısı ile çaprazlama oranı çarpılarak çaprazlanacak kromozom sayısı elde edilmekte, bu sayı kadar popülasyon içinden rastgele kromozomlar seçilmekte ve belirlenen yöntemle göre çaprazlama işlemi gerçekleştirilmektedir. En basit yaklaşım olan *tek noktalı* çaprazlama yöntemine göre, çaprazlama yapılacak nokta rassal olarak seçilmekte ve konumunun denk geldiği genden itibaren genler, iki birey arasında yer değiştirmektedir. Bu durumda her iki kromozomun

da aynı gen uzunluğuna sahip olması gerekir. *İki noktalı* çaprazlamada, iki kesim noktası kullanılmakta olup karşılıklı olarak pozisyonlar yer değiştirmektedir. *Tekdüze çaprazlama* ise, çaprazlanacak gen sayısı belirlendikten sonra rassal olarak genlerin iki dizi arasında yer değiştirdiği yöntemdir.

Arama uzayında daha önce ziyaret edilmeyen ve uygun çözüm olmaya aday noktaları incelemek amacıyla, çaprazlama sonucunda elde edilen bireylere yeni özellikler kazandırma işlemine *mutasyon*, bu işlemin gerçekleşme olasılığına denk gelen olasılığa ise *mutasyon oranı* denilmektedir. Mutasyon oranı ile gen popülasyondaki birey sayısının çarpılması ile değişecek gen sayısı tespit edilmekte ve bu sayıya erişilene kadar popülasyonda yer alan genler rassal olarak değiştirilmektedir.

Genetik algoritmada başlangıç popülasyonu farklı şekillerde oluşturabilmekte iken Deb (2001) ile Reeves ve Rowe (2002) tarafından önerildiği üzere genelde rassal olarak elde edilebilmektedir. Algoritmaya göre sırasıyla, başlangıç popülasyonunda yer alan bireylerin her biri için uygunluk değeri hesaplanmakta, seçim yöntemleri kullanılarak söz konusu bireyler içinden yeni nesle aktarılacak olanlar tespit edilmekte ve seçilen bireylere önce çaprazlama, sonrasında mutasyon şeklinde genetik işlemler uygulanmaktadır. Oluşan her yeni nesil için uygunluk fonksiyonu tekrar hesaplanmakta ve uygunluk değerine göre sonraki nesle aktarılacak bireyler yeniden seçim işlemine tabi tutulmaktadır. Croce ve diğ. (1995) tarafından tarif edildiği üzere, ele alınan bir problemin genetik algoritma ile çözümü sırasında izlenen adımlar şu şekildedir:

- [1] Popülasyon olarak tanımlanan ilk çözüm grubu belirlenir.
- [2] Her kromozom için, dizilerin çözüm kalitesini gösterecek şekilde uygunluk değeri hesaplanır. (Popülasyonda yer alan en iyi uygunluk değerine sahip birey, bir sonraki yeni nesile değiştirilmeden aktarılır ve bu sürece *elitizm* denir.)
- [3] İki grup dizi, belirli seçim yöntemine göre rassal olarak seçilir.
- [4] Seçilen iki dizi için genetik operatörler kullanılarak çaprazlama yapılır ve yeni popülasyonda yer alacak iki yeni birey oluşur. Yeni popülasyonda yer alacak birey sayısına ulaşana kadar, çaprazlama işlemine devam edilir.
- [5] Yeni popülasyonda yer alan bireyler, rassal olarak mutasyon işlemine tabi tutulur.

[6] Belirlenen nesil sayısı boyunca önceki adımlar tekrar edilir. En büyük nesil sayısına ulaşılmadığı sürece Adım-2'ye dönülür, aksi durumda algoritma sonlandırılır ve çözüm olarak, uygunluk değeri en yüksek olan kromozom seçilir.

e. Yapay sinir ağları

Yapay sinir ağları, biyolojik bir sinir hücresinin yapısından esinlenerek geliştirilmiş, birbirine bağlı ve her biri kendi belleğine sahip elemanlardan oluşan paralel bilgi işleme yapılarıdır. Biyolojik sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programları olup *nöron* adlı yapay sinir hücresi, *bağlantılar* ve *öğrenme algoritması* olmak üzere temelde üç bileşenden oluşmaktadır. Ağ içerisinde bulunan nöronlar, yapay sinir ağının temel elemanıdır ve probleme etki eden faktörlere göre bir ya da daha fazla girdi alıp problemde beklenen sonuç sayısı kadar çıktı üretmektedir. Yapay sinir ağları, bağlantılar aracılığıyla nöronların bir araya gelmesi sonucu oluşmaktadır (Elmas, 2003). Her türlü bilgiyi analiz etmeye uygun, mevcut yöntemlerle çözülemeyen problemler için etkin sonuç vermesi, karmaşık ilişkileri öğrenebilmesinin etkisiyle daha önce karşılaşılmayan sorulara kabul edilebilir bir hatayla yanıt bulabilmesi ve doğrusal olmayan sistemlerde de başarıyla uygulanabilmesi sayesinde yapay sinir ağlarının, yazında çok çeşitli alanlarda örneklerine rastlanmaktadır (Linsker, 1990; Hwang ve diğ., 1991; Andrews ve diğ., 1996; Setiono ve Liu, 1997; Tsukimoto, 2000).

Yapay sinir ağlarında, *girdi katmanı*, *çıkı katmanı* ve *gizli katman* olmak üzere üç tabaka bulunmaktadır. Probleme etki eden parametrelerden oluşan girdi katmanı, dışarıdan gelen verilerin yapay sinir ağına alınmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, problemin parametre sayısı, girdi katmanı ve bu katmanda yer alan nöron sayısını etkilemektedir. Çıkı katmanı, yapay sinir ağlarında yer alan bilgilerin dışarıya iletilmesini sağlamaktadır. Girdi değişkenleri istatistiksel olarak bağımsız, çıkı değişkenleri ise bağımlı değişkenleri temsil etmektedir. Gizli katman ise dış ortam ile bağlantısı olmayan, dışarıdan gelen sinyallerin alındığı ve çıkı katmanına gönderildiği tabakadır. Yapay sinir ağlarında bilgiler, nöronlar arasındaki bağlantılar üzerindeki ağırlık değerleri yardımıyla ağ üzerinde saklanmakta olup ağırlıkların ayarlanması süreci “öğrenme” olarak adlandırılmaktadır (Yıldız, 2001).

Yapay sinir ağları, nöronlar arasındaki bağlantıların yönüne göre, *ileri beslemeli* ya da *geri beslemeli*; öğrenme yöntemlerine göre *danışmanlı* ve *danışmansız* olarak

sınıflandırılmaktadır. İleri beslemeli yapay sinir ağlarında girdi katmanı, dış ortamdan aldığı bilgileri hiç bir değişikliğe uğratmadan gizli katmandaki hücrelere iletmekte böylece bilgi, gizli ve çıktı katmanda işlenerek ağ çıkışı belirlenmektedir. İşaretler, girdi katmandan çıktı katmana doğru tek yönlü bağlantılarla iletilmekte ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları, ağırlıklar üzerinden bir sonraki katmana iletilmektedir. Geri beslemeli yapay sinir ağlarında ise, bir katmandaki hücreler ya da katmanlar arasındaki hücreler arasında olacak şekilde en az bir hücrenin çıktısı, kendisine veya diğer hücrelere girdi olarak iletilmektedir. Danışmanlı öğrenme yapısının kullanıldığı yapay sinir ağlarında eğitime işlemi, ağıın ürettiği çıktı değerinin istenen değerle karşılaştırarak ağırlıkların değiştirildiği süreçtir. Öte yandan danışmansız öğrenme yapısının kullanıldığı yapay sinir ağlarında, sistemin doğru çıktı hakkında bilgisi olmayıp girdi bilgilerinin özelliklerine göre ağırlık değerleri ayarlanmaktadır (Şen, 2004).

f. Parçacık sürü optimizasyonu

Parçacık Sürü Optimizasyonu, başlangıç aşamasında rassal ya da sezgisel olarak belirlenen, sonraki adımlarda serbest bırakılan ve her biri çözüm adayını temsil eden parçacıkların sürü halindeki hareketinden yararlanan, Kennedy ve Eberhart (1995) tarafından kuş sürülerinin davranışlarından esinlenilerek geliştirilmiş yazında çok çeşitli konularda örneklerine rastlanan bir optimizasyon tekniğidir (Hu ve Eberhart; 2002; Baumgartner ve diğ., 2004; Selvakumar ve Thanushkodi, 2007). Yönteme göre kuşlar, yiyeceğe en yakın kuşu takip edip hız ve konumlarını bu kuşa göre güncellemekte olup kuşların yiyecek araması, optimizasyon problemi için çözüm arama işlemine; her kuş ise parçacığa (çözüm) benzetilmektedir. Tamer ve Karakuzu (2006) tarafından ifade edildiği üzere hareket eden parçacık, koordinatlarını önceden belirlenen uygunluk fonksiyonuna göndermekte, böylece optimum çözüme olan uzaklığa denk gelen parçacığın uygunluk değeri ölçülmektedir. Öte yandan parçacığın konum bilgisini temsil eden koordinatları, hızı ve güncel en iyi uygunluk değeri ile bu değeri elde ettiği koordinatları bilmesi gerekmektedir. Çözüm uzayındaki her boyutta hız ve yönün değişimi, parçacık ve komşularının en iyi koordinatlarının birleşimidir. Algoritma, optimum çözümü bulmak amacıyla rastgele çözüm kümesine denk gelen bir parçacık sürüsü ile başlamakta ve parçacık konumları her iterasyonda, hafızada saklanacak *geniyi* (sürüdeki tüm parçacıklar için o ana kadar elde edilen en iyi çözümü sağlayan) ve *leniyi* (parçacığın

elde ettiği en iyi çözümü sağlayan) değerlere göre güncellenmektedir. i 'nin parçacığı, c_1 ve c_2 'nin her parçacığı $pbest$ ve $gbest$ değerlerine doğru çeken öğrenme faktörünü, $rand_1$ ve $rand_2$ 'nin 0 ve 1 arasında seçilmiş rassal sayıları, k 'nın iterasyon sayısını, her iterasyonda doğrusal olarak azaltılan ve değeri birden küçük olan w 'nin eylemsizlik ağırlığını göstermesi koşuluyla algoritmaya göre her iterasyonda $geniyi$ ve $leniyi$ bulunduktan sonra parçacığın konumu ve hızı şu şekilde güncellenmektedir (Deepa ve Sugumaran, 2011):

$$v_i^{k+1} = w.v_i^k + c_1.rand_1^k.(leniyi_i^k - x_i^k) + c_2.rand_2^k.(geniyi_i^k - x_i^k) \quad (2.94)$$

$$x_i^{k+1} = x_i^k + v_i^{k+1} \quad (2.95)$$

g. Işın arama

Işın Arama, hızlı ve iyi sonuç veren yöntemlerden biri olup çok sayıda problem için yazında örneklerine rastlanmaktadır (Sabuncuoğlu ve Karabük, 1998; Duarte ve diğ., 2004; Ghirardi ve Potts, 2005). Yöntem; klasik dal-sınır algoritmasından farklı olarak arama ağacı üzerindeki tüm düğümler yerine bir fonksiyon yardımıyla değerleri sezgisel olarak hesaplanmış ve en yüksek puana sahip düğümleri, sonraki adımlarda geri dönmek koşuluyla hafızasında saklamakta, böylece çok kısa sürede etkin bir çözüme ulaşılmasını sağlamaktadır. Söz konusu düğümlerin sayısı *ışın genişliği* olarak adlandırılmakta olup ışın arama yönteminin bazı uygulamalarında, bu değer rassal olarak seçilmektedir. En iyi sonucu bulmak için kullanılan yüksek ışın genişliği, daha fazla düğüme bakılmasını sağlamakta, ancak gerekli hafıza ve işlem adedinin kabul edilebilir düzeyin dışına çıkmasına; öte yandan düşük ışın genişliği, en iyi sonucu verecek düğüme giden yolun elenmesine neden olabilmektedir. Böylece ışın arama yönteminde, *sabit ışın genişliği* ya da *değişken ışın genişliği* kullanılabilir. Işın genişliği, değişken olduğu durumda başlangıçta düşük seviyede tutulup aranan en iyi sonuca ulaşamadığı takdirde beklenen sonuca ulaşılan kadar arttırılarak işlem sürdürülmektedir.

h. Simülasyon

Simülasyon (benzetim), en iyileme yöntemleri aracılığıyla çözülemeyecek kadar karmaşık modeller için, yaklaşık bir çözüm elde etmek için kullanılan alternatif modelleme yaklaşımıdır. Matematiksel olarak modellenmesi ve analitik yöntemler yardımıyla çözülmesi zor ya da imkânsız olan problemlerin modellenip incelenmesi konusunda benzetim tekniklerinden yararlanılmaktadır. Simülasyon, gerçek sistemi

küçük parçalara ayırıp bu parçaları, birbiri ile ilişkilendirerek sistemin davranışını taklit etmeye çalışan ve incelenen sistemin yapısına göre değişkenlik göstermek kaydıyla; statik – dinamik, deterministik – stokastik, sürekli – kesikli olacak şekilde farklı modelleme türleri olan bir yaklaşımdır (Law ve Kelton, 2000). Simülasyon tekniğinin yazında çok çeşitli alanlarda uygulama örneklerine rastlanmaktadır (Mahadevan ve Narendran, 1993; Irizarry ve diğ., 2001; Kim ve diğ., 2002). Simülasyon ile sistemin davranış şekli bilgisayar ortamında taklit edilmekte, böylece gerçek dünyanın değişen yapısı ile süreçler arası karmaşık ilişkilerin etkisi kolayca analiz edilebilmektedir.

Simülasyon yardımı ile modelleme sayesinde, sistemin davranışı tanımlanmakta, sistemin gelecekteki davranışlarını tahmin etmek için teori veya hipotez kurulmaktadır. Genel olarak problemin tam bir matematik formülasyonu mevcut olmadığı ya da matematik modelin çözümü analitik yöntemler ile bulunamadığı, analitik yöntemlerin çözüm için elverişli olmasına rağmen matematik yöntemlerin çok karmaşık olduğu ve/veya problemin çözüm kalitesine büyük oranda etki eden parametrelerin tahmin edilmesi gerektiği durumlarda simülasyon ile modelleme kullanılmaktadır. Simülasyon yardımıyla modelleme aşamaları şu şekildedir (Donald ve diğ., 1991):

- ✓ Problemin tanımlanması: Sistemin sınırları, çevresi, kısıt ve parametreleri, değişkenler ve aralarındaki ilişkiler ile etkinlik kriterinin belirlenmesi işlemidir. Ayrıca bu aşamada, sistemin elemanlarına yönelik veriler toplanıp analiz edilerek modelde kullanıma hazır hale getirilir.
- ✓ Modelin formülasyonu: Simüle edilecek alternatifler belirlenir, deneysel tasarım yapılır ve sistem akış diyagramına aktarılır.
- ✓ Modelin geçerliliğinin araştırılması: Çeşitli istatistiksel test ve yöntemler aracılığıyla verilerin modele uygun bir şekilde dâhil edilip edilmediği ve modelin gerçek sistemi temsil edip etmediğinin değerlendirildiği aşamadır. Modelin sistemi doğru yansıtmadığının fark edilmesi durumunda söz konusu eksiklikler bu aşamada giderilir ya da gözden kaçan kriter ve ilişkilerin tespit edilmesi için önceki aşamalara dönülür. Böylece modelin güvenilirlik seviyesi, kabul edilebilir düzeye getirilir ve modelden yararlanarak gerçek sistem hakkında fikir edinilir.

- ✓ Deneme: Toplanan veriler aracılığıyla simülasyon modelinin gerçekleşmesi ve parametrelerin değişim aralığının sistematik olarak araştırılıp modelin bu değerlere karşı alacağı değerleri belirlemek için duyarlılık analizinin yapılmasıdır.
- ✓ Uygulama: Model üzerinde denemelerin yapıldığı ve alternatiflerin karşılaştırılabilmesi için gerekli sonuçların elde edildiği aşamadır.
- ✓ Kararların Alınması ve Belgeleme: Yapılan denemeler sonucunda elde edilen veriler, önceden belirlenen amaçlar göz önünde bulundurularak değerlendirilir ve gerçek sistemin işleyişi konusunda bir karara varılır. Ayrıca bu aşamada, elde edilen sonuçlar raporlanır.

Simülasyon modellerinin en önemli elemanları; bileşenler, değişken, parametre, ilişki, varsayım ve kısıtlardır. İyi bir simülasyon modeli, kullanıcı tarafından kolay anlaşılıp işletilebilen, anlamsız sonuçlar vermeyen, modeldeki değişiklik ve güncelleştirilmelere karşı kolaylıkla uyarlanabilen nitelikte olmalıdır (Erkut, 1992).

i. Coğrafi Bilgi Sistemleri

CBS, Star ve Estes (1990) tarafından yapılan tanıma göre konumsal ve coğrafi koordinatları referans alan ve söz konusu verilerle çalışmayı tasarlayan bilgi sistemidir. Burrough (1998) ise CBS'yi, yeryüzüne ait bilgileri belli bir amaca yönelik olarak toplama, bilgisayar ortamında depolama, kontrol ve analiz etme, görüntüleme işlemlerine olanak sağlayan bilgi sistemi olarak tanımlamıştır. Genel olarak CBS, coğrafi içerikli problemleri çözmek için kullanılan ve karar vermeyi destekleyen bir sistem olup konum ile ilgili birçok problem için kullanımının fayda teşkil etmesi sayesinde son dönemlerde yazında yaygın olarak kullanılmaktadır (Kapetsky, ve diğ., 1988; Ali ve diğ., 1991; Openshaw, 1993; Ross ve diğ., 1993). Bilgisayar tabanlı haritalama, arazi analizi, askeri ve jeoloji alanındaki uygulamalar, doğal kaynakların yönetimi, pazarlama ve kent bilgi sistemleri ve bölgenin ulaşım kolaylığı, demografik, sosyal, ticari değeri vb. özelliklerine bağlı olarak açılacak yeni bir hizmet noktası için en uygun yer seçiminin belirlenmesi, CBS'nin en yaygın kullanım alanları arasında yer almaktadır. Öte yandan, gelişen teknolojiye bağlı olarak CBS gittikçe pazarlama, eğitim ve sağlık hizmetlerinin planlanması ve yönetimi gibi farklı alanlarda da kullanılmaya başlanmaktadır. Temelde CBS, harita ve coğrafi bilgileri kullanarak üretkenliği arttırmayı ve karar verme aşamasında daha doğru strateji geliştirmeyi hedeflemekte

olup; donanım ve yazılım araçları, coğrafi veriler, uzman personel ile ele alınan problemin amacı olmak üzere 4 önemli bileşen içermektedir (Tecim, 2008). Coğrafi sorgulama, coğrafi analiz, ağ analizi, sayısal arazi analizi, ölçme ve geometrik hesaplamalar, istatistiksel analiz ve grid analizi, CBS yardımıyla yapılan en önemli analizler arasındadır (Taştan ve Bank, 1994).

2.6.3. Yer seçimi problemleri için uygulanan çözüm yöntemleri

Yazındaki yer seçimi konusundaki çalışmalarda; problemin yapısına, uygulama alanının büyüklüğüne ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak farklı birçok yöntemin kullanıldığı kolaylıkla görülmektedir. Bu bağlamda; Bölüm 2.6.1 ve 2.6.2 içinde detaylı olarak tarif edilen yöntemler içinden sıklıkla; dal-sınır, dal-kesme, Lagrange Gevşetme, kesme düzlemi sayesinde en iyi sonucun bulunduğu modeller, sezgisel ve meta sezgisel yöntemler (TA, Benzetimli Tavlama, Genetik Algoritma, Karınca Kolonisi Optimizasyonu) ile simülasyon ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak CBS kullanan çalışmalara rastlanmıştır. Özetle tez için önem arz edecek nitelikte, yer seçimi konusundaki çalışmalarda kullanılan yöntemler, Çizelge 2.5'te özetlenmiştir.

Çizelge 2.5 : Yer seçimi konusunda kullanılan yöntemler.

Yazar	Yayın Tarihi	Dal Sınır	Dal Kesme	Lagrange Gevşetme	Kesme Düzlemi	Sezgisel	Genetik Algoritma	Tabu Arama	Karınca Kolonisi	Benzetimli Tavlama	Simülasyon	CBS
Shuman ve diğ.	1973					X						
Kolesar ve Walker	1974					X						
Bazaraa ve Goode	1975					X						
Aly ve White	1978					X						
Rosing ve diğ.	1979a	X				X						
Rosing ve diğ.	1979b					X						
Schilling	1980					X						
Vasko ve Wilson	1986					X						
Eaton ve diğ.	1986	X				X						
Hogan ve Revelle	1986	X										
Neebe	1988	X				X						
Pirkul ve Schilling	1988					X						
Love ve diğ.	1988				X	X						
Pirkul ve Schilling	1989					X						
Revelle ve Hogan	1989b	X										
Batta ve Mannur	1990	X										
Pirkul ve Schilling	1991					X						
Marianov ve Revelle	1992	X										
Narasimhan ve diğ.	1992					X						
Current ve Schilling	1994					X						
Ball ve Lin	1993	X										
Daskin	1995	X				X						
Diaz ve Rodriguez	1997							X				
Gendreau ve diğ.	1997a							X				
Gendreau ve diğ.	1997b		X			X						
Rosing ve diğ.	1998					X		X				
Morrison ve O'Brien	2001											X
Miliotis ve diğ.	2002											X
Harewood	2002										X	
Aytug ve Saydam	2002						X					
Berman ve Krass	2002					X						
Wang	2003			X		X		X				
Zhao ve diğ.	2004											X
Karasakal ve Karasakal	2004			X								
Doerner ve diğ.	2005							X	X			
Berman ve diğ.	2006							X				
Huang ve diğ.	2006								X			X
Liu ve diğ.	2006								X			X
Sun	2006							X				
Andersson ve Varbrand	2007					X						
Rajagopalan ve diğ.	2007					X		X				
Chuang ve Lin	2007						X					
Jia ve diğ.	2007			X		X	X					
Araz ve diğ.	2007					X						
Yang ve diğ.	2007						X					
Iannoni ve Morabito	2007						X				X	
Revelle ve diğ.	2008					X						
Zhang ve Rushton	2008						X					
Berman ve Huang	2008			X		X		X				
Erdemir ve diğ.	2008					X				X		
Rajagopalan ve diğ.	2008							X				
Berman ve diğ.	2009					X		X		X		
Chen and Yuan	2010							X				
Xia ve diğ.	2010					X						
Syam ve Cote	2010									X		
Alexandris ve Giannikos	2010											X
Maric	2010						X					
Başar ve diğ.	2011					X		X				
Vega ve diğ.	2012											X

Çalışmalarda kullanılan yöntemler incelendiğinde, ilk yıllarda sezgisel yöntemlerin, zamanla Genetik Algoritma, TA, Benzetimli Tavlama, Karınca Kolonisi gibi başarılı sonuçlar veren meta sezgisel yöntemlerin, bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeye bağlı olarak son yıllarda ise CBS'nin tercih edildiği görülmektedir.

2.7. Normalizasyon Yöntemleri

ÇKKV problemlerinde, farklı ölçekli kriterler için alternatiflerin aldığı değerlerin aynı boyuta indirgenerek standart hale getirilmesi, bu sayede alternatiflerin kriter bazında tutarlı karşılaştırılabilmesi için değerlerin normalize edilmesine ihtiyaç duyulmakta, böylece hesaplama problemlerinin önüne geçilmektedir. Normalizasyon yöntemlerinin uygulanabilmesi için karar matrisindeki sözel ifadelerin sayısal hale getirilmiş olması gerekmektedir. Normalizasyon işlemi, genelde sütun bazında yapılmakta ve sonuçta 0 ve 1 arasında olacak şekilde normalize değer elde edilmektedir (Yoon, 1995). Öte yandan karar kriterleri; *Fayda*, *Maliyet* ve *Monoton* olmayan şekilde temelde üç gruba ayrılmaktadır. Hwang ve Yoon (1981), Yoon (1995), Milani ve diğ. (2005) tarafından normalizasyon konusunda yapılan çalışmalara göre en yaygın olarak kullanılan normalizasyon yöntemleri *Vektör*, *Doğrusal* ve *Monoton Olmayan Normalizasyon* adıyla üç grupta incelenmekte olup doğrusal normalizasyon tekniğinin üç farklı kullanımını içeren tüm yöntemler aşağıda gösterilmiştir.

A_i : i . alternatif $i=1,2,\dots,m$

C_j : j . değerlendirme kriteri $j=1,2,\dots,n$

x_{ij} = j . değerlendirme kriteri açısından i . alternatifin değeri olup bu değişkenlere göre oluşan karar matrisi (D) şu şekildedir:

$$D = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (2.96)$$

Söz konusu değişkenlere göre uygulanan normalizasyon teknikleri şu şekildedir:

Vektör Normalizasyonu:
$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (2.97)$$

Doğrusal Normalizasyon (1): $i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n; x_j^* = \max_i(x_{ij})$ ve $x_j^- = \min_i(x_{ij})$ ise

Fayda kriteri için;
$$r_{ij} = x_{ij} / x_j^* \quad (2.98)$$

Maliyet kriteri için;
$$r_{ij} = x_j^- / x_{ij} \text{ veya } r_{ij} = 1 - (x_{ij} / x_j^*) \quad (2.99)$$

Doğrusal Normalizasyon (2): $i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n; x_j^* = \max_i(x_{ij})$ ve $x_j^- = \min_i(x_{ij})$ iken:

Fayda kriteri için;
$$r_{ij} = (x_{ij} - x_j^-) / (x_j^* - x_j^-) \quad (2.100)$$

Maliyet kriteri için;
$$r_{ij} = (x_j^* - x_{ij}) / (x_j^* - x_j^-) \quad (2.101)$$

Doğrusal Normalizasyon (3):
$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}}} \quad (2.102)$$

Monoton Olmayan Normalizasyon :

x_j^0 : j kriterine ait en uygun değer ve σ_j : j kriterine ait değerlerin standart sapması ve

$z = (x_{ij} - x_j^0) / \sigma_j$ iken;
$$r_{ij} = e^{-z^2/2} \quad (2.103)$$

2.8. Tahminleme Yöntemleri

Kısıtlı kaynakların en iyi şekilde kullanılmasını ele alan yöneylem araştırması problemlerinin gerçek hayat uygulaması sırasında söz konusu verilerin elde edilmesinin güçlüğü, çoğu zaman tahminleme yöntemleri aracılığıyla ilgili verilerin alacağı değerlerin hesaplamasını gerektirmektedir. Tahminleme; problemin yapısına, veri tipine ve ihtiyaca göre kısa (günlük), orta (haftalık, aylık) ya da uzun vadeli (yıllık) olarak gerçekleştirilebilmektedir. Tahmin yöntemleri, genel olarak Öznel ve Nesnel olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Öznel yöntemler; karar vericinin yargılarına göre nitel olarak gerçekleştirilen tahminler olup müşteri anketleri (tüketici pazar araştırması), konuyla ilgili uzmanların görüşü ve Delphi Tekniği; öznel yöntemlerin en bilinen örnekleridir. Bu yöntemler, genellikle verinin olmadığı ya da yetersiz olduğu, ayrıca geçmiş verileri kullanarak nicel yöntemlerden biri ile geleceği doğru tahminlemenin zor olduğu durumlarda kullanılmaktadır.

Öznel yöntemlere kıyasla daha yaygın olarak kullanılan Nesnel yöntemler ise, geçmiş verileri esas alan matematiksel modellere dayanmakta olup veri ve istatistik odaklı, nicel

yaklaşımlardır. Nedensel ve Zaman Serisi olmak üzere temelde iki gruba ayrılmaktadır. Zaman serisi modellerine kıyasla Nedensel yöntemlerin kullanımı daha zor ve karmaşık olup en bilinen örneği, Doğrusal Regresyon Analizidir. Doğrusal Regresyon Analizinde, bağımlı (y) ve bağımsız değişkenler (x) arasındaki ilişki doğrusal bir şekilde modellenmektedir. Bölüm 2.5.2.'de Nesnel Ağırlıklandırma Yöntemlerinde bahsedildiği üzere En Küçük Kareler Metodu yardımıyla, değişkenler arasındaki $y = a + b.x$ doğrusunun “ a ” ve “ b ” değerleri bulunup, yeni x değerleri için y değerleri tahmin edilmektedir.

Nesnel yöntemlerin diğer alt başlığı zaman serisi için; geçmiş verilerin rassal, mevsimsel olması ya da eğilim, döngü içermesi durumunda farklı yöntemler kullanılmaktadır. Eğilim, devamlı olarak; mevsimsellik, düzenli aralıklarla; döngü, tekrarlanarak artma ya da azalma durumunu göstermekte iken rassal yapı, tekrar etmeyen, düzensiz dalgalanmaların olduğu durumları ifade etmektedir.

Eğilimin olmadığı ya da çok düşük düzeyde olduğu rassal veriler için Hareketli Ortalama kullanılmakta (Kendall ve diğ., 1983; Makridakis ve diğ., 1998) ve geçmiş n döneme ait verinin ortalaması hesaplanmaktadır. n dönemin her birinin, gelecek dönem üzerindeki etkisinin eşit olması durumunda Basit Hareketli Ortalama, geçmiş verilerin daha düşük öneme sahip olması durumunda ise Holt (2004) çalışmasında olduğu gibi Ağırlıklı Hareketli Ortalama kullanılmaktadır. Anlaşılır ve kolay olan hareketli ortalama, eğilimin başarılı bir şekilde tahmin edilmesi zor olup, düşük hatalı sonucun elde edilmesi için çok sayıda veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca dönem sayısı olan n değerinin arttırılması dönemselsel değişimlerin tahmini daha az etkilemesine neden olmaktadır. Yöntemin uygulanabilmesi için n adet geçmiş verinin saklanma zorunluluğu, genellikle problem teşkil etmektedir. Brown ve Meyer (1961) tarafından tarif edilen ve ağırlıklı hareketli ortalamanın bir diğer örneği olan Üstel Düzeltim Yönteminde (“Exponential Smoothing”), yakın verilere daha yüksek ağırlık verilecek şekilde ağırlıklar üssel olarak azalmaktadır. F_t t döneminin tahmini değeri, A_t t döneminin gerçek değeri, α düzeltim sabiti olmak üzere $F_t = F_{t-1} + \alpha (A_{t-1} - F_{t-1})$ eşitliği ile tahminleme yapılmaktadır. Üstel Düzeltim Yönetiminde, Hareketli Ortalamaya kıyasla etkin bir tahmin için daha az veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanılan α değerinin düşük olması, geçmiş ortalamaya daha fazla ağırlık verilmesini sağlamakta ve rassal

dalgalanmaların etkisini azaltmakta iken, yüksek olması talepteki değişikliklerden daha çok etkilenilmesini sağlamaktadır (Gardner, 1985; Makridakis ve diğ., 1998; Lim ve McAleer, 2001).

Zaman serisinin rassal olmaması ve eğilim olması durumunda İkili Düzeltme (Holt's) Yöntemi ya da tahmin edilecek verilerin zamanın bir fonksiyonu olduğu düşüncesiyle En Küçük Kareler Yöntemi yardımıyla Regresyon Analizi kullanılmaktadır. İkili Düzeltme yönteminde, 0 ve 1 arasındaki α ve β şeklinde iki üstel düzeltme katsayısı kullanılmakta olup α ve β arasında genellikle $\beta \leq \alpha$ şeklinde bir ilişki söz konusudur. Eğim ve sabit, her dönem üstel düzeltme kullanılarak güncellenmektedir (Makridakis ve diğ., 1998). S_t , t dönemindeki sabit, G_t ise t dönemindeki eğimi göstermek üzere İkili Düzeltme yönteminde tahminleme, şu şekilde gerçekleştirilmektedir.

$$S_t = a D_t + (1 - a)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (2.104)$$

$$G_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1} \quad (2.105)$$

Zaman serilerinin mevsimsel olması, düzenli aralıklar ile serinin tekrar etmesini ifade etmektedir. Mevsimselliğin olduğu ancak eğilimin olmadığı ve en az iki mevsimsel verinin bulunduğu durumlarda kullanılan yöntemlerden birinde, bütün verilerin ortalama değeri hesaplanmakta, her gözlenen veri ortalamaya bölünerek mevsimsel faktör hesaplanmakta ve mevsimsel faktörün ortalamasına denk gelecek şekilde her mevsimdeki dönemler için faktör ortalaması bulunmaktadır. Mevsimsel zaman serinin dönem sayısına denk gelecek şekilde hareketli ortalama değerlerinin hesaplanması, mevsimsel faktörün tahmin edilmesi için kullanılan diğer yöntemdir. Mevsimsel zaman serilerinde ayrıca eğilim olması durumunda yazında yaygın olan (Winters, 1960; Makridakis ve diğ., 1998) Winter Yöntemi kullanılmakta ve c_t , t mevsimine ait faktörü temsil etmek üzere tahmin işlemleri şu şekilde gerçekleştirilmektedir.

$$S_t = \alpha \frac{D_t}{c_{t-N}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + G_{t-1}) \quad (2.106)$$

$$G_t = \beta (S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)G_{t-1} \quad (2.107)$$

$$c_t = \gamma \frac{D_t}{S_t} + (1 - \gamma)c_{t-N} \quad (2.108)$$

$$F_{t,t+\tau} = (S_t + \tau G_t)c_{t,t+\tau-N} \quad \tau \leq N \quad (2.109)$$

Bahsedilen tüm tahmin yöntemleri, geleceğe dair öngöründe bulunarak bilinmeyen veriler hakkında fikir sahibi olmak için kullanılmaktadır. Her dönemin sonunda, gerçekleşen ve tahmin edilen veriler karşılaştırılarak farklı hata tiplerine göre (Ortalama Mutlak Sapma, Hata Karelerinin Ortalaması, Ortalama Mutlak Yüzde Hata) kullanılan yöntemin uygunluğu test edilmelidir.

2.9. Yazının Değerlendirilmesi

Yazında, yer seçimi konusunda çok sayıda çalışma olmasına rağmen banka şubelerinin uygun yer seçiminin belirlenmesi konusunda az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Bölüm 2.4'te anlatıldığı üzere Kaufman ve Mote (1994), aday bölgelerin ekonomik ve demografik değişkenlerinin; Boufounou (1995), cinsiyet ve yaş dağılımına göre toplam nüfus, ortalama hane halkı büyüklüğü, nüfus artış oranı, kişi başı yurtiçi hâsıla, sektör bazında firma sayıları, diğer bankaların konumunun; Abbasi (2003) ise nüfus yoğunluğu, gelir düzeyi, kültürel özellikleri, firma sayısı, mevduat toplamı, büyüme potansiyeli ve rekabet durumunun banka şubelerinin yerleşim planı açısından önemli olduğunu vurgulamıştır. Zhao ve diğ. (2004); 15 yaş üstü nüfus, 55 yaş üstü nüfus, nüfus büyüme oranı, ortalama yıllık hane geliri, işçi oranı, küçük işletme sayısı, rakip bankaların şube sayısı, aday bölgeye belli mesafedeki küçük işletmeler ve rakip şubeler, belli mesafedeki çalışan nüfus ve uygulama bankası şubeleri, alışveriş merkezleri, alışveriş merkezlerindeki uygulama bankası şubeleri, ulaşım indeksi, toplu taşımaya yakınlığın Cinar ve Ahiska (2010) ise, toplam nüfus, şehirleşme oranı, yıllık nüfus artışı, ortalama hane halkı büyüklüğü, okuryazarlık oranı, yükseköğrenim mezunu nüfus oranı, kişi başı gayri safi yurt içi hâsıla, işçi oranı, işveren oranı, banka sayısı, şube sayısı, banka şubesi başına düşen mevduat, banka şubesi başına düşen kredi, kişi başı mevduat, kişi başı kredi, istihdamın sektörel dağılımı ve bölgenin ticari potansiyelinin şube yeri seçiminde önemli kriterler arasında yer aldığını belirtmiştir. Böylece, mevcut çalışmalarda ortak karar setinin olmadığı, bankanın bulunduğu ülke, izlediği vizyon ve strateji ile planlamanın yapıldığı ile bağlı olarak ele alınan değişkenlerin farklılık gösterebildiği görülmüştür. Bu çalışmada, uzman görüşü ve yazın taraması sayesinde banka şubeleri için uygun yerlerin belirlenmesinde etkin olan kriterler belirlenecektir.

Öte yandan yazındaki çalışmalarda genelde Regresyon Analizi, AHP, TOPSIS yöntemleri kullanılarak kriterlerin ağırlıklandırıldığı incelenmiştir. Bu doktora tezinde belirlenen kriterlerin önem düzeyi, farklı bankalarda görev alan uzmanların görüşünden yararlanarak ikili karşılaştırma yoluyla elde edilecektir.

Ayrıca yazın incelemesinde Wang ve diğ. (2003) ile Xia ve diğ. (2010) dışında, doğrudan banka şubelerinin uygun yer seçimi amacıyla önerilen matematiksel modele rastlanmamıştır. Bu çalışmada önerilen tek ve çok dönemli matematiksel modellerin yardımıyla bankaların kısa ve uzun vadeli planlamasına katkı sağlanacaktır. Şube açma – kapama durumuna izin veren modeller, hizmet vermekte olan / yeni açılacak bankalar için uygulanabilecektir. Öte yandan ulaşım ağı referans alınarak birbirine yakın noktalarda aynı tip şube açma durumu cezalandırılacaktır. Aday şube sayısı büyük olan ve en iyi çözümü bulunamayan problemler için, Youssef ve diğ. (2001) ile Arostegui ve diğ. (2006) tarafından yer seçimi problemleri üzerinde benzetimli tavlama ve genetik algoritmaya kıyasla daha başarılı sonuçlar verdiği deneysel olarak gösterilen TA geliştirilecektir. TA yöntemin kalitesi rassal veriler üzerinde test edilerek CPLEX 12.2 ile kıyaslanacaktır. Son aşamada, önerilen yöntem Türkiye’de hizmet veren bir bankanın İstanbul’daki tek ve çok dönemli şube yeri belirleme problemi için uygulanacaktır.

Özetle, banka şubeleri için en uygun yer seçimi konusunda etkin kriterlerin belirlenmesi, bu kriterlerin ağırlıklarının en doğru şekilde tespit edilmesi, problemin tek ve çok dönemli olmak üzere çözümüne yönelik yeni matematiksel modellerin önerilmesi, modeller için bir çözüm yönteminin geliştirilmesi ve Türk bankacılık sektöründe gerçekleştirilecek uygulamalı çalışma aracılığıyla başarılı sonuçlar ele edildiğinin gösterilmesi sayesinde yazına özgün bir katkı sağlanacağı düşünülmektedir.

3. SEKTÖR İNCELEMESİ

Mevcut durumda Türkiye’de hizmet veren çoğu banka, şube yeri seçimi için herhangi bir metodoloji izlememekte, genellikle detaylı analiz yapmadan, diğer bankaların hizmet verdiği yerlerde şubeleşme sürecine girmektedir. Dolayısıyla açılacak şubelerin rekabet ve kârlılık potansiyeli önceden hesaba katılmamakta, bankalar için stratejik öneme sahip olan uygun yerde şube açarak potansiyel ve mevcut müşteriler ile etkin iletişimin sağlanması garanti edilememektedir. Türk bankacılık sektöründe önemli yere sahip olan iki bankanın, şubeler için en uygun yer seçimi konusunda izlediği yol, aşağıda tarif edilmiştir. Geri kalan bankaların konuyla ilgili izlediği yolun kesin olarak bilinmemesi ve yazında buna yönelik bir araştırmanın olmaması dolayısıyla Türkiye’de hizmet veren çoğu bankanın şube yeri seçimi için herhangi bir metodoloji izlemediği yönündeki iddia, kısıtlı olarak geçerlidir.

A Bankası:

Türkiye’de hizmet veren çok sayıda şubesi ile en geniş şube ağına sahip bankalar arasındadır. Şubeler için uygun yerin belirlenmesi amacıyla Bankanın Genel Müdürlük birimine bağlı bir Bölüm Başkanlığı tarafından 3. parti firmadan satın alınan Coğrafi Bilgi Sistemi aracı kullanılmaktadır. Kullanıcı adı ve şifre ile sisteme giriş yapıldıktan sonra, planlama yapılan il seçilmekte ve şehrin haritası mahalle bazında ekranda görüntülenmektedir. Sistem üzerinde, potansiyel ve rekabetçi olmak üzere iki farklı analiz yapılabilmektedir. Her iki analiz için kullanılan kriterler aynı olup kriterlerin ağırlıklı puanları farklıdır.

Bankanın ilgili ekipleri tarafından yapılan detaylı incelemelere göre şube yerinin belirlenmesi için seçilen kriterler; aday noktalara ait nüfus, iş yeri sayısı, ticari potansiyel, sosyal potansiyel, rakip banka şube sayısı, konut sayısı ve eğitim durumudur. Üç ayda bir güncellenen ve TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) ile Gelir İdaresi Başkanlığı’ndan alınan bu bilgiler, programa yüklenmiştir. Ayrıca, adresi enlem-boylam

koordinatlarına çevirip harita üzerinde koordinatlarıyla gösteren uygulama (“geocoding”) sayesinde banka müşterilerinin adres bilgilerinden yola çıkılarak, potansiyel şube yerleşim noktalarına ait mevduat, aylık işlem ve maaş ortalaması da hesaba katılmaktadır. Kriterlerin ağırlığı Bulanık AHS ile belirlenmiştir. Potansiyel analiz yapılırken; iş yeri sayısı, nüfus ve ticari potansiyelin ağırlığı yüksek, rakip banka şube sayısının önemi düşük tutulmaktadır. Rekabetçi analizde ise, diğer banka şubelerinin fazla olduğu yerde şube açılması gerektiği düşüncesine dayalı olarak rakip banka şube sayısı kriterinin ağırlığı yüksek tutulmaktadır. Program çalıştırılınca, mahalle seçim analizi sayesinde planlama yapılan il için puanı en yüksekten düşüğe doğru sıralanacak şekilde mahalle bazında liste, ekranda görüntülenmektedir. Mahalleler, puanlarına göre harita üzerinde farklı renklerde gösterilmektedir. En yüksek değere sahip ve kırmızı renkli olarak gösterilen alanlar tıklandığında cadde bazlı kırılım görüntülenebilmektedir. Seçilen caddenin civarında, başka banka şubesi ya da A bankasına ait şube dışı ATM olup olmadığı incelenmekte, bu caddeye en yakın A bankasına ait şubenin mesafesi tespit edilmekte, böylece söz konusu noktada şube açıp açmama kararı verilmektedir.

B Bankası:

B bankasındaki şubeleşme modeli ile aynı grupta yer alan ilçelerdeki şubelerin verileri kullanılarak, tahmin yapılan ilçede yeni bir şubenin açılması durumunda bu şubenin kaç müşteri elde edebileceği, açılacak şubenin gelir ve giderlerinin nasıl oluşacağı, ne düzeyde kâr elde edilebileceği, kaç şubenin açılacağı tahmin edilmektedir. İlçelerin gruplanması için DPT (Devlet Planlama Teşkilatı) tarafından hazırlanan Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması çalışmasında yer alan gruplar kullanılmaktadır. *B* Bankası’nın şubeleşme modelinin çalışma prensibi şu şekildedir:

- ✓ Şubelerin müşteri sayılarını açıklamak üzere, faaliyet gösterdikleri ilçelerin verileri kullanılarak denklemler tahmin edilmekte, bu denklemler ile modelde iş birimlerine göre farklı şube tiplerinin müşteri sayıları hesaplanmaktadır. (Örn. 10.000 adet bireysel, 500 adet ticari, 200 adet özel, 20 adet kurumsal şube müşterisinin olması vb.)

- ✓ Tahmin yapılan ilçenin dâhil olduğu DPT gelişmişlik grubuna göre segment kırılımları kullanılarak Şekil 3.1’de gösterildiği üzere toplam müşteri sayısı bu segmentlere göre ayrıştırılmaktadır.

DPT Gelişmişlik Grubu	Bireysel Müşteri Yüzdeleri				Ticari Müşteri Yüzdeleri			Özel Müşteri Yüzdeleri	
	Segment 1	Segment 2	Segment 3	Segment 4	Segment 1	Segment 2	Segment 3	Segment 1	Segment 2
	Grup 1								
Grup 2									
Grup 3									
Grup 4									
Grup 5									
Grup 6									

Örn: Grup 3'e Göre Segment Ayrımı	
Segment	Müşteri Sayısı
Bireysel Segment 1	
Bireysel Segment 2	
Bireysel Segment 3	
Bireysel Segment 4	
Ticari Segment 1	
Ticari Segment 2	
Ticari Segment 3	
Özel Segment 1	
Özel Segment 2	
Kurumsal Segment	

Şekil 3.1 : Toplam müşteri sayısının segmentlere ayrıştırılması.

- ✓ Müşteri sayılarının alt segmentlere dağıtılmasının ardından ilçenin içinde bulunduğu DPT gelişmişlik düzeyine göre ürün ortalamaları ve kar marjları kullanılarak Şekil 3.2’de gösterildiği üzere şube adına 22 ürün için ürün geliri hesaplanmaktadır.

Müşteri Sayısı	Bireysel Segment 1	Bireysel Segment 2	Bireysel Segment 3	Bireysel Segment 4	Ticari Segment 1	Ticari Segment 2	Ticari Segment 3	Özel Segment 1	Özel Segment 2	Kurumsal Segment
X										

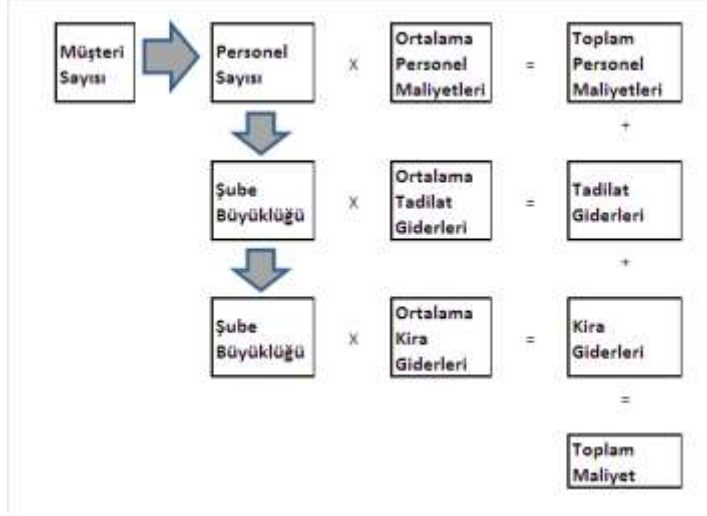
Ürün Ortalaması	MÜŞTERİ BAŞINA ÜRÜN ORTALAMASI (TL) (Örnek Ürün: Kredi Kartları)									
	Bireysel Segment 1	Bireysel Segment 2	Bireysel Segment 3	Bireysel Segment 4	Ticari Segment 1	Ticari Segment 2	Ticari Segment 3	Özel Segment 1	Özel Segment 2	Kurumsal Segment
Grup 1										
Grup 2										
Grup 3										
Grup 4										
Grup 5										
Grup 6										

Ürün Kar Marjı	ÜRÜN KAR MARJI									
	Bireysel Segment 1	Bireysel Segment 2	Bireysel Segment 3	Bireysel Segment 4	Ticari Segment 1	Ticari Segment 2	Ticari Segment 3	Özel Segment 1	Özel Segment 2	Kurumsal Segment
Grup 1										
Grup 2										
Grup 3										
Grup 4										
Grup 5										
Grup 6										

Ürün Geliri	ÜRÜN GELİRİ									
	Bireysel Segment 1	Bireysel Segment 2	Bireysel Segment 3	Bireysel Segment 4	Ticari Segment 1	Ticari Segment 2	Ticari Segment 3	Özel Segment 1	Özel Segment 2	Kurumsal Segment

Şekil 3.2 : Ürün gelirlerinin hesaplanması.

- ✓ Tahmin edilen müşteri sayısına göre personel sayısı ve şube büyüklüğü hesaplanarak, Şekil 3.3'te gösterildiği üzere şubenin toplam maliyeti elde edilir.



Şekil 3.3 : Şubenin toplam maliyetinin hesaplanması.

Şube başına nüfus, B bankası şube payı, toplam şube sayısı gibi değişkenler modelde kullanılarak, her ilçede bir şube açılması halinde ulaşılabilecek sonuçlar ekonometrik yöntemle tahmin edilmekte, listedeki en kârlı n sayıda ilçe, tahmin çıktısı olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak Türk bankacılık sektöründeki önde gelen iki bankanın şube yeri seçimi ile ilgili mevcut yaklaşımının yetersiz olduğu görülmektedir. Ayrıca yazın taramasında da belirtildiği üzere konuyla ilgili mevcut çalışmalarda ortak karar seti bulunmamaktadır. Bu çalışmada, uzman görüşü ve yazın taraması sayesinde banka şubeleri için uygun yerlerin belirlenmesinde etkin olan kriterler belirlenecek ve farklı bankalarda görev alan uzmanların görüşünden yararlanarak ikili karşılaştırma yoluyla kriterlerin önem düzeyi elde edilecektir. Ayrıca Wang ve diğ. (2003) ile Xia ve diğ. (2010) dışında, doğrudan banka şubelerinin uygun yer seçimi için önerilen matematiksel modelin olmaması, bankaların kısa ve uzun vadeli planlamasına katkı sağlamak üzere bu çalışmada önerilen tek ve çok dönemli matematiksel modellere ihtiyaç duyulduğunun göstergesidir. Önerilen modellerin çözümü için geliştirilecek başarılı bir yaklaşım ve Türk bankacılık sektöründe gerçekleştirilecek uygulama, bu çalışmanın önemini arttırmaktadır.

4. ÖNERİLEN YÖNTEM

Bu bölümde, yazın taraması ve uzman görüşünden yararlanarak bankaların tek ve çok dönemli planlama kapsamında şube yeri seçimi için önemli kriterler tespit edilmiş ve önerilen kriterlerin ağırlıklandırılması için uygun yöntemler belirlenmiştir. Problemin tek ve çok dönemli olarak en iyi çözümünün bulunması için iki matematiksel model geliştirilmiş, her iki model de rassal veriler aracılığıyla doğrulanmıştır. Önerilen iki matematiksel modelin de NP-Zor olduğu, böylece aday nokta sayısının büyük olduğu problemlerde en iyi çözümün bulunamadığı görülmüştür.

4.1. Kriterlerin Belirlenmesi

Müşteri özelliklerinin farklılığı nedeniyle bankalar, maliyeti düşürmek ve iş süreçlerini iyileştirmek açısından bireysel, kurumsal, ticari, girişimci, özel, KOBİ vb. farklı bankacılık hizmetleri sunan şubeler açmaya odaklanmaktadır. Türkiye’de hizmet veren bankaların ortak özellikleri açısından; özellikle bireysel, kurumsal, ticari ve girişimci şubeler için uygun yer seçiminin belirlenmesi önemlidir.

Genel olarak bireysel şubeler; bireysel ve ticari potansiyele sahip, güçlü ve hareketli bir piyasada yer alan, her türlü müşteriye hizmet verebilecek, yoğun ve standart işlem potansiyeli barındıran şubelerdir. Kurumsal şubeler; gayrisafi milli hâsılaya en büyük katkıyı sağlayan; ticari, sınai ve tarımsal üretim alanlarında büyük ölçekli kurumsal müşterilere hizmet veren, standart ve yığın işlemlerden tamamen arındırılmış şubelerdir. Ticari şubeler; gayrisafi milli hâsılaya en büyük katkıyı sağlayan, ancak kurumsal şube açılmasına gerek görülmeyen merkezlerde bulunan, tarım ağırlıklı müşteri potansiyeli barındıran ve birden çok şubesi olan merkezlerde bulunan, standart ve yığın işlemlerden olabildiğince arındırılmış şubelerdir. Girişimci şubeler ise; Organize Sanayi Bölgeleri, sanayi siteleri ve endüstriyel tarım alanlarına sahip bölgelerde yer alan, standart ve yığın işlemlerden olabildiğince arındırılmış şubelerdir. Öte yandan bankaların müşteri

segmentasyonu yaklaşımına göre bahsedilen şube tiplerinin müşteri profili değişebilmektedir.

Banka şubeleri için en uygun yerin seçimi konusunda etkili olan kriterlerin tespit edilmesi amacıyla, öncelikle yazında ele alınan kriterler listelenmiştir. Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere, banka şubesi açma ve kapama kararı verilirken, çok sayıda kriter göz önünde bulundurulabilmektedir.

Çizelge 4.1 : Yazında kullanılan kriterler.

Kriter	Makale
Nüfus	Clawson, 1974; Olsen ve Lord, 1979; Doyle ve diğ., 1981; Meidan, 1983; Boufounou, 1995; Abbasi, 2003; Zhao ve diğ., 2004; Cinar ve Ahiska, 2010
Kişi başı gayri safi yurt içi hâsıla	Clawson, 1974; Boufounou, 1995; Cinar ve Ahiska, 2010
Ev sahipliği oranı	Clawson, 1974; Olsen ve Lord, 1979
Ticari potansiyel	Meidan, 1983; Cinar ve Ahiska, 2010
Rakip banka şubelerinin durumu	Doyle ve diğ., 1981; Meidan, 1983; Boufounou, 1995; Abbasi, 2003; Zhao ve diğ., 2004; Cinar ve Ahiska, 2010
İşçi ve işveren oranı	Olsen ve Lord, 1979; Doyle ve diğ., 1981; Meidan, 1983; Ravallion ve Wodon, 2000; Zhao ve diğ., 2004; Cinar ve Ahiska, 2010
Demografik özellikler	Olsen ve Lord, 1979; Doyle ve diğ., 1981; Min, 1989; Kaufman and Mote, 1994; Ravallion ve Wodon, 2000; Rahgan ve Mirzazadeh, 2012
Ulaşım kolaylığı	Doyle ve diğ., 1981; Min, 1989; Zhao ve diğ., 2004; Rahgan ve Mirzazadeh, 2012
İş operasyonları	Min, 1989
Ortalama hane büyüklüğü	Boufounou, 1995; Cinar ve Ahiska, 2010
Nüfus büyüme oranı	Boufounou, 1995; Abbasi, 2003; Zhao ve diğ., 2004; Cinar ve Ahiska, 2010
Firma sayısı	Doyle ve diğ., 1981; Boufounou, 1995; Abbasi, 2003; Zhao ve diğ., 2004; Cinar ve Ahiska, 2010
Gelir düzeyi	Abbasi, 2003; Zhao ve diğ., 2004
Toplam mevduat	Abbasi, 2003
Kültürel özellikler	Abbasi, 2003
Okur – yazarlık oranı	Cinar ve Ahiska, 2010
Banka/şube başına düşen mevduat/kredi	Cinar ve Ahiska, 2010

Yazın taramanın yanı sıra, banka şubelerinin yerleşiminin belirlenmesi için etkili kriterlerin tespit edilmesi amacıyla uzman görüşüne de başvurulmuştur. Bankacılık ve bilgi teknolojileri sektöründe orta ve üst düzey yönetici pozisyonunda görev alan 5 uzman ile yapılan yüz yüze görüşmeler sayesinde gerekli bilgiler toplanmıştır. Tüm uzmanlar; kredi ve mevduat hacmi gibi müşterilere ait gizli veriler dışındaki şube kârlılığını etkileyen en önemli faktörün “işlem hacmi” olduğunu iletmiştir. Bu durum, yazında yer alan çalışmalarda da desteklenmektedir (Athanasopoulos ve Giokas, 2000;

Manandhar ve Tang, 2002; Cook ve diğ., 2004; Jablonsky ve diğ., 2004; Camanho ve Dyson, 2005; Portela ve Thanassoulis, 2007).

Öte yandan maaş, fatura vb. dönemsel olarak ödenmesi gereken ücretlerden dolayı bankaların günlük işlem hacmi değişken olabilmektedir. Benzer şekilde periyodun uzunluğu dolayısıyla, yıllık işlem hacmi de şubelerin finansal performansı açısından yanıltıcı olabilmektedir. Bu nedenle uzman görüşünün de etkisiyle “aylık ortalama işlem hacmi”, banka şubelerinin yerleşimi üzerinde etkili ana kriter olarak seçilmiştir. Banka şubelerinin aylık işlem hacminin doğrudan tahmin edilmesi çok zor olduğu için yazın taraması ve uzman görüşü desteği ile aylık işlem hacmini etkileyen 8 alt kriter tespit edilmiştir: Potansiyel Müşteri Sayısı, Sosyoekonomik Statü, Sosyal Potansiyel, Ticari Potansiyel, Rekabet, Finansal Durum, Büyüme Potansiyeli ve Ulaşım Kolaylığı. Yazın taraması ve uzman görüşü göre, aday noktaların gündüz nüfusunun potansiyel müşteri sayısı; rakip banka şube sayısının rekabet ve ortalama hane halkı gelirin ise finansal duruma ait göstergeler olarak kullanılması önerilmektedir. Özetle; aylık işlem hacminin tahmin edilmesi için kullanılması önerilen kriterler Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

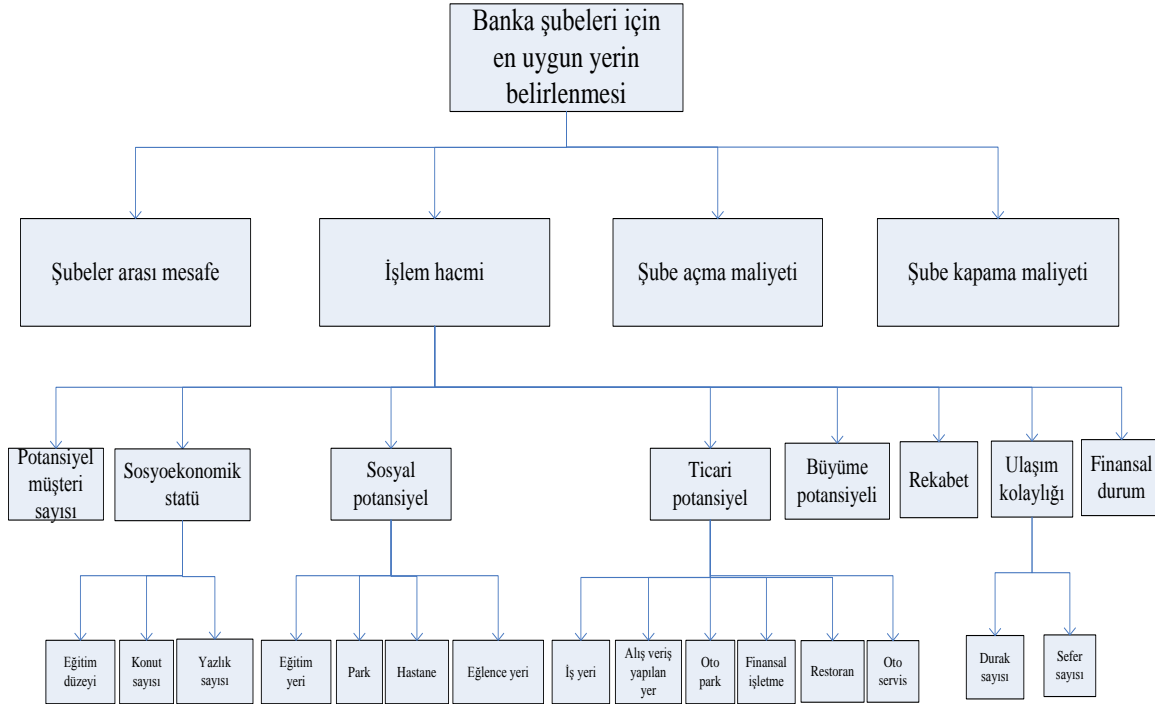
Çizelge 4.2 : Aylık ortalama işlem hacminin tahmini için kullanılan kriterler.

Kriter	Alt Kriter	Yazındaki İlgili Kriter
Potansiyel müşteri sayısı	Gündüz nüfusu	Nüfus (Clawson, 1974; Olsen ve Lord, 1979; Doyle ve diğ., 1981; Meidan, 1983; Boufounou, 1995; Abbasi, 2003; Zhao ve diğ., 2004; Cinar ve Ahiska, 2010)
Sosyoekonomik statü	Eğitim düzeyi, konut sayısı, yazlık sayısı	Okur-yazarlık oranı ve eğitim düzeyi (Cinar ve Ahiska, 2010)
Sosyal potansiyel	Eğitim yeri, eğlence yeri, park ve hastane sayısı	Sosyal potansiyel (Abbasi, 2003)
Ticari potansiyel	İş yeri, alışveriş yapılan yer, otopark, finansal işletme, restoran ve oto servis sayısı	Ticari potansiyel (Min, 1989; Meidan, 1983; Cinar ve Ahiska, 2010)
Rekabet	Rakip banka şube sayısı	Banka ve şube sayısı, rakip bankaların durumu (Doyle ve diğ., 1981; Meidan, 1983; Boufounou, 1995; Abbasi, 2003; Zhao ve diğ., 2004; Cinar ve Ahiska, 2010)
Finansal durum	Ortalama hane halkı geliri	Ev sahipliği oranı (Clawson, 1974; Olsen ve Lord, 1979); gelir düzeyi (Abbasi, 2003; Zhao ve diğ., 2004); işçi ve işveren oranı (Olsen ve Lord, 1979; Doyle ve diğ., 1981; Meidan, 1983; ; Ravallion ve Wodon, 2000; Zhao ve diğ., 2004; Cinar ve Ahiska, 2010)
Büyüme potansiyeli	Geçmiş verilere bakılarak, her şube tipi için tüm kriterlerin gelişimi	Nüfus artış oranı (Boufounou, 1995; Abbasi, 2003; Zhao ve diğ., 2004; Cinar ve Ahiska, 2010)
Ulaşım kolaylığı	Durak ve sefer sayısı	Ulaşım kolaylığı (Doyle ve diğ., 1981; Min, 1989; Zhao ve diğ., 2004; Rahgan ve Mirzazadeh, 2012)

Yazın taramasında bahsedilen, önceki çalışmalarda kullanılan “ortalama hane halkı büyüklüğü”, “konut sayısı ve nüfus” bilgisi ile karşılanacağından; “banka şubesi / kişi başına düşen kredi ve mevduat” bilgisinin bankalara ait finansal, böylelikle gizli veri olmaları nedeniyle kolaylıkla bulunamayacağından dolayı bu kriterlerin kullanımının önerilmemesine karar verilmiştir. Benzer şekilde “işçi – işveren oranı” kriterinin, “ortalama hane halkı geliri” ile göz önünde bulundurulması nedeniyle ayrıca hesaba katılması gerekmemektedir.

Aylık ortalama işlem hacminin yanı sıra uzman görüşüne göre, birbirine yakın aday noktalarda şube açılmasının cezalandırılması için potansiyel şube yerlerinin birbirleri arasındaki mesafenin göz önünde bulundurulması önerilmektedir. Öte yandan uzman görüşüne göre, şube açılışı ve mevcut şubelerin kapatılmasına karar verilmesi halinde belli bir maliyete katlanması gerekecektir.

Sonuç olarak tek dönemli planlama ile en uygun şube yerinin seçilmesine yönelik önerilen kriterler Şekil 4.1’de özetlenmiştir.



Şekil 4.1 : Tek dönemli planlamada kullanılması önerilen kriterler.

Çok önemli planlama sırasında Şekil 4.1’de gösterilen kriterler arasında yer alan “büyüme potansiyelinin” kullanılmaması, bunun yerine her şube tipi için tüm kriterlere ait geçmiş verilerden yola çıkarak söz konusu kriterlerin sonraki dönemlerde alacakları değerlerin tahmin edilmesi, bu sayede işlem hacmi projeksiyonunun hesaplanması önerilmektedir.

Öte yandan banka şubelerinin işlem hacminin tahmin edilmesi için belirlenen kriterler arasında bir ilişki olup olmadığının ve varsa ilişkinin yönü ve derecesinin tespit edilmesi, böylece benzer kriterlerin kullanımının önlenmesi amacıyla Korelasyon Analizinin uygulanması önerilmektedir. Korelasyon analizinin uygulandığı verilerin arasında, bağımlı veya bağımsız değişken şeklinde bir ilişkinin bulunması dikkate alınmamakta, böylece arasında çoklu doğrusal ilişki olabilecek bağımsız değişkenlerin analizde yer almadığı varsayılmaktadır. Bu nedenle, Varyans Artış Faktörü (VAF - “Variance Inflation Factors”) değerlerinin hesaplanması gerekmemektedir. Öte yandan yazında farklı şekilde hesaplanan ve farklı amaçlar için kullanılan korelasyon hesaplama yöntemleri (Pearson, Sperman Brown Sıra Farkları, Çift Serili, Nokta Çift Serili, Kısmi Korelasyon Katsayısı) olup, en yaygın kullanılanı “Pearson Korelasyon Katsayısı”dır. Pearson Korelasyon Katsayısı (r), kriterler arasındaki ilişkinin aynı yönde olması halinde katsayı pozitif, zıt yönde olması halinde ise negatif olup, +1 ile -1 arasında değer almaktadır. İlişki, r değerinin ± 1 'e yaklaştığı durumda güçlü olup, 0'a yakın olması halinde ise zayıftır. İşaretinden bağımsız olarak, r değerinin 0 ve 0,39 arasında olması kriterler arasındaki korelasyon derecesinin zayıf; 0,4 ve 0,69 arasında olması ilişkinin orta derecede; 0,70 ve 1 arasında olması ise ilişkinin güçlü olduğunu göstermektedir (Kayahan, 2008).

4.2. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Banka şubelerinin yer seçimi konusunda etkili olan ve Bölüm 4.1.’de tarif edilen kriterlerin farklı şube tipleri için önem düzeylerinin belirlenmesi amacıyla, yazında tarif edilen çeşitli yöntemler kullanılabilir. Kriter sayısının çok olması ve en doğru ağırlıklandırma yapılabilmesi için istatistiksel analizin fayda sağlayacağı düşüncesiyle, şube açılışı için aday bölgede (il / ilçe) mevcut durumda (uygulama bankasına ait) açık

olan şubelerin aylık ortalama işlem hacminin bağımlı değişken; gündüz nüfusu, sosyoekonomik statü, ticari-sosyal potansiyel, büyüme potansiyeli, rekabet, ulaşım kolaylığı ve finansal durum verilerinin ise bağımsız değişken olarak ele alınması ile farklı şube tipine göre kriterlerin değişen önem seviyesi, (Çoklu Doğrusallık – “Multi Collinearity” varsayımının sağlanmış olması durumunda kullanılmak üzere) nesnel yöntem olan Çok Değişkenli Regresyon Analizi ile belirlenebilir. Ana kriterler içindeki alt kriterlerin ortalama işlem hacmi üzerindeki etkisinin doğru bir şekilde tespit edilmesi için ayrı olarak ele alınmasının daha doğru olacağı düşünülmüştür. Sırasıyla potansiyel müşteri sayısı, rekabet ve finansal durum kriterleri; Çizelge 4.2’de yer alan yazın taraması ve uzman görüşüne göre “gündüz nüfusu”, “rakip banka şube sayısı” ve “ortalama hane geliri” verilerinin karşılığı olarak kullanılacaktır. Aynı zamanda geçmiş verilere bakarak her şube tipi için tüm kriterlerin gelişimi, büyüme potansiyelinin ölçümüne yönelik gösterge olarak ele alınacaktır. Sonuç olarak, şube tipi ve aylık işlem hacmi arasındaki ilişkinin tespitine yönelik çoklu regresyon denklemi şu şekildedir:

J: Mevcut durumda açık şube tipleri kümesi (Bireysel, Girişimci, Ticari, Kurumsal),

K: Mevcut durumda açık şubelerin bulunduğu noktalar kümesi,

j: Şube tipi (Bireysel, Girişimci, Ticari, Kurumsal),

k: Mevcut durumda açık şubenin bulunduğu nokta,

İşlem hacmi_{kj}: Mevcut durumda *k* noktasında açık olan *j* tipi şubenin performans değeri (bağımlı değişken),

$$\begin{aligned} \text{İşlem hacmi}_{kj} = & w_{0j} + w_{1j} * \text{Gündüz Nüfusu}_k + w_{2j} * \text{Eğitim Düzeyi}_k + w_{3j} * \text{Konut Sayısı}_k + \\ & w_{4j} * \text{Yazlık Sayısı}_k + w_{5j} * \text{Eğitim Yeri}_k + w_{6j} * \text{Park}_k + w_{7j} * \text{Hastane}_k + w_{8j} * \text{Eğlence Yeri}_k + \\ & w_{9j} * \text{İş Yeri}_k + w_{10j} * \text{Alışveriş Yapılan Yer}_k + w_{11j} * \text{Otopark}_k + w_{12j} * \text{Finansal İşletme}_k + \\ & w_{13j} * \text{Restoran}_k + w_{14j} * \text{Oto Servis}_k + w_{15j} * \text{Büyüme Potansiyeli}_k + w_{16j} * \text{Rakip Banka Şube} \\ & \text{Sayısı}_k + w_{17j} * \text{Durak Sayısı} + w_{18j} * \text{Sefer Sayısı} + w_{19j} * \text{Ortalama Hane Geliri}_k \quad (4.1) \end{aligned}$$

ÇKKV problemlerinde kriterlerin öneminin hangi öznel ağırlıklandırma yöntemi ile tespit edileceği; karar vericinin kolaylık, anlaşılabilirlik, doğruluk, hızlı yanıt verme vb. önceliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Karar verici tarafından, ağırlıkların kolay ve hızlı bir şekilde bulunması tercih edilmekte ise Sıralama ya da Puanlama, en doğru şekilde tespit edilmesi hedeflenmekte ise İkili Karşılaştırma ya da Tercih Önceliği

yöntemlerinin kullanılması önerilmektedir. Bölüm 4.1’de tarif edildiği üzere banka şubeleri yer seçimi; en iyi yerin seçimine yönelik hiyerarşik yapıdaki amaç ve kriterlerin bir araya gelerek oluşturduğu bir çok kriterli karar verme problemidir. Böylece çalışma kapsamında incelenen kriterlerin önem seviyesinin belirlenmesi için Regresyon Analizine alternatif olarak AHS yönteminde kullanılan ve detayları Bölüm 2.6.1’de verilen “İkili Karşılaştırma” tekniğinin uygun yöntem olduğu düşünülmektedir. Her defasında sadece iki kriterin hesaba katılması, kriterlerin göreceli önem seviyelerinin alanında uzman kişilerin görüşlerinden faydalanılarak elde edilmesi, kolay ve anlaşılır olması yöntemin en önemli avantajlarındanıdır. Hesap işlemlerinin bilgisayar programları aracılığıyla gerçekleştirilebilmesi sayesinde alternatif ve kriter sayısının fazla olduğu büyük ölçekli problemlerin ele alınması sırasında vakit kaybının önüne geçilebilmektedir (Malczewski, 1999). Ayrıca karar vericilerin ikili karşılaştırma işlemine odaklanması, değerlendirmenin olabildiğince dış etkenlerden bağımsız olarak gerçekleştirilmesini, böylece problem ile ilgili anlamlı bilgi üretilerek kararın tutarlılığını arttırmaktadır (Badri, 2001). Öte yandan başarılı sonuçları sayesinde, yöntemin yer seçimi problemlerinde sıkça kullanıldığı görülmektedir (Tzeng ve diğ., 2002; Aras ve diğ., 2004; Wu ve diğ., 2007; Fernandez ve Ruiz, 2009). Ancak Harker (1987a) ve (1987b) çalışmalarında bahsedildiği üzere alternatif sayısının (n) yüksek olduğu durumlarda karar vericilerin $n * (n-1) / 2$ adet ikili karşılaştırma yapabilmesinin zorluğu nedeniyle tutarlılık düzeyi düşebilmektedir.

İkili karşılaştırma yöntemi gereği, hiyerarşinin her seviyesinde aynı kümede yer alan tüm kriterler, bir üst seviyede bağlı olduğu kriter ile ikili olarak karşılaştırılmakta, böylece n adet kriterin her biri için bir üst seviye kriterine göre “kaç kat” önemli olduğunu gösteren $(n * (n-1) / 2)$ adet “tercih yoğunluğu” yargıları elde edilmektedir. Kriterlerin birbirlerine göre önem düzeylerinin belirlenmesi ile ağırlık değerleri tespit edilmektedir. İkili karşılaştırma yönteminde göreceli ağırlık değerleri, doğrudan atama ile değil, uzmanlar tarafından ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra ağırlık vektörlerinin hesaplanması sayesinde elde edilmektedir. Bu amaçla, öncelikle ikili karşılaştırma matrisleri sütun bazında normalize edilmekte, daha sonra her satırın ortalaması alınarak kriterlerin öncelik değeri hesaplanmaktadır. (Saaty, 1990). Yöntemin uygulanabilmesi için, farklı Türk bankalarında görev almış 10 uzman ile yapılan yüz

yüze görüşmeler sayesinde, 4 farklı şube tipi için kriterler arasındaki ilişkinin Saaty (1990) tarafından önerilen ölçek ve Şekil 4.1'deki hiyerarşik yapıya uygun olarak analiz edilmesi önerilmektedir.

4.3. Önerilen Tek Dönemli Matematiksel Model

Yazın taramasında belirtildiği üzere, banka şubelerinin yer seçimi konusunda yazında çok az sayıda matematiksel model önerilmiştir. Bankacılık ve bilgi teknolojileri sektöründe orta ve üst düzey yönetici pozisyonunda görev alan 5 uzmanın görüşüne göre, sektörde artan rekabetin etkisi ile yeni açılacak şubeler için uygun yer belirlemek amacıyla P-Medyan vb. nitelikte ortalama ulaşım mesafesi/zamanını en küçükleyen modellerden ziyade, bankanın misyon ve stratejisine uygun şekilde belirlenen kriterlere bağlı olarak hesaplanan gelirin en büyüklendiği modelin kullanımının daha faydalı olacağı düşünülmektedir. Bütçe kısıtı nedeniyle, genellikle yıllık olarak planlanmak kaydıyla her tip için açılabilir şube sayısının bir üst sınırı bulunmaktadır. Öte yandan, yeni bir şube açma - mevcut bir şubenin kapatılmasının maliyeti olup işlem hacminin kârlılığa etkisi ve aday noktaların birbirine yakınlığının bir cezası bulunmaktadır. İmaj, strateji ya da kârlılık etkisiyle bazı özel durumdaki şubelerin kapatılmasının tercih edilmemesi söz konusu olabilmektedir (Örn. bankanın belli sayıdaki ilk açılan ya da belli şehir / ilçelerde bulunan şubeleri vs.). Uzman görüşünün de katkısıyla çalışma kapsamında önerilen modelde, bankaların son 3 yılda açılan şubelerinin kapatılmayacağı varsayılmaktadır. Böylece Bölüm 4.1'de tarif edilen kriterlerin kullanılması ile bankaların, şube yeri seçiminde en uygun yerin belirlenmesine yönelik önerilen matematiksel model şu şekildedir:

I: Şube açılışı için aday noktalar kümesi,

J: Farklı şube tipleri kümesi (Bireysel, Girişimci, Ticari, Kurumsal),

i: Şube açılışı için aday nokta,

j: Şube tipi (bireysel, girişimci, ticari, kurumsal),

PMS: Potansiyel Müşteri Sayısı

PA: Park

SES: Sosyoekonomik Statü

H: Hastane

SP: Sosyal Potansiyel

EYE: Eğlence Yeri

TP: Ticari Potansiyel

İY: İş Yeri

<i>BP</i> : Büyüme Potansiyeli	<i>AY</i> : Alışveriş Yapılan Yer
<i>R</i> : Rekabet	<i>OP</i> : Oto Park
<i>UK</i> : Ulaşım Kolaylığı	<i>Fİ</i> : Finansal İşletme
<i>FD</i> : Finansal Durum	<i>RT</i> : Restoran
<i>ED</i> : Eğitim Düzeyi	<i>OS</i> : Oto Servis
<i>KS</i> : Konut Sayısı	<i>DS</i> : Durak Sayısı
<i>YS</i> : Yazlık Sayısı	<i>SS</i> : Sefer Sayısı
<i>EY</i> : Eğitim Yeri	

h_{ij} : Elde edilen ağırlıklar kullanılarak hesaplanan, i noktasında açılacak j tipi şubenin aylık ortalama işlem hacmidir. Aşağıda tarif edilen notasyona göre, w_{yj} ($y=1,..8, j \in J$) j tipi şube için y kriterinin ağırlığı iken h_{ij} (4.2)'deki şekilde tahmin edilmektedir:

$$h_{ij} = w_{1j} * PMS_i + w_{2j} * SES_i + w_{3j} * SP_i + w_{4j} * TP_i + w_{5j} * BP_i + w_{6j} * R_i + w_{7j} * UK_i + w_{8j} * FD_i \quad (4.2)$$

Ölçüm metriği olarak, potansiyel müşteri sayısı için aday noktaların “gündüz nüfusu”, rekabet için “rakip banka şube sayısı”, finansal durum için “ortalama hane gelirinin” kullanılması ve “büyüme potansiyeli” için geçmiş verilere dayalı olarak her şube tipi için yüksek önem düzeyine sahip belli sayıda kriter(ler)in gelişiminin kullanılmasının yanı sıra işlem hacmini etkileyen diğer kriterlerin (sosyoekonomik statü, sosyal ve ticari potansiyel, ulaşım kolaylığı) değerlerinin (4.3)-(4.6) aracılığıyla aday nokta bazında tahmin edilmesi önerilmektedir.

$$SES_i = w_{9j} * ED_i + w_{10j} * KS_i + w_{11j} * YS_i \quad (4.3)$$

$$SP_i = w_{12j} * EY_i + w_{13j} * PA_i + w_{14j} * H_i + w_{15j} * EYE_i \quad (4.4)$$

$$TP_i = w_{16j} * İY_i + w_{17j} * AY_i + w_{18j} * OP_i + w_{19j} * Fİ_i + w_{20j} * RT_i + w_{21j} * OS_i \quad (4.5)$$

$$UK_i = w_{22j} * DS_i + w_{23j} * SS_i \quad (4.6)$$

Buna göre, banka şubeleri için en uygun yerin belirlenmesine yönelik olarak önerilen matematiksel model şube şekildedir:

K : Mevcut durumda açık şubelerin bulunduğu bölgeler kümesi,

L : Kapatılması istenmeyen (örn. son 3 yıl içinde açılan) şubelerin bulunduğu bölgeler,

P : Planlama dönemi boyunca açık olan toplam en büyük şube sayısı (dört tip için),

d_{im} : Şube açılışı için aday i ve m bölgeleri arasındaki mesafe (metre cinsinden),

S : Yakın bölgelerde kurulacak şubeler için hesaba katılacak ceza maliyetinin eşik mesafesi (metre cinsinden),

k_{im} : (metre cinsinden) i ve m bölgeleri arasındaki mesafeye bağlı parametre ($d_{im} < S$ ise $k_{im} = S - d_{im}$ olarak belirlendikten sonra normalize edilerek kullanıldığı için 0-1 arası değer alıp aksi durumda $k_{im} = 0$ 'dır.)

c_{1j} : j tipi şube açılması durumunda, işlem hacmi getirisi (ikili karşılaştırma ile elde edilen yüzde cinsinden ağırlık değeri),

c_{2j} : Birbirine yakın bölgelerde j tipi şube açılması durumunda katlanılacak maliyet (ikili karşılaştırma ile elde edilen yüzde cinsinden ağırlık değeri),

c_{3j} : j tipi şube için açma maliyeti (ikili karşılaştırma ile elde edilen yüzde cinsinden ağırlık değeri),

c_{4j} : j tipi şube için kapama maliyeti (ikili karşılaştırma ile elde edilen yüzde cinsinden ağırlık değeri),

Karar Değişkenleri:

λ_{imj} : i ve m bölgelerinin her ikisinde j tipi şube açma cezası (0 – 1 arası değer)

$x_{ij} = \begin{cases} 1, i \text{ hizmet noktasında } j \text{ tipi şube açılmışsa} \\ 0, \text{ aksi durumda} \end{cases}$

$$Z(\text{maks}) \quad \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{1j} h_{ij} x_{ij} - \sum_{i \in I} \sum_{m \in I, i \neq m} \sum_{j \in J} c_{2j} \lambda_{imj} - \sum_{i \in K} \sum_{j \in J} c_{3j} x_{ij} - \sum_{j \in J} c_{4j} \sum_{i \in K} (1 - x_{ij})$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{ij} \leq P \quad (4.7)$$

$$x_{lj} = 1 \quad \forall j \in J, l \in L \quad (4.8)$$

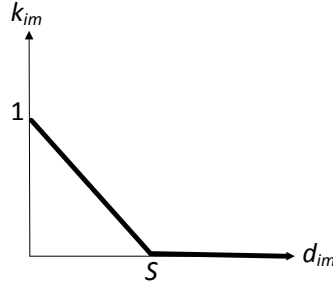
$$\lambda_{imj} \geq k_{im} (x_{ij} + x_{mj} - 1) \quad \forall i, m \in I, i \neq m, j \in J \quad (4.9)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (4.10)$$

$$\lambda_{imj} \geq 0 \quad \forall i, m \in I, j \in J \quad (4.11)$$

Modelin amaç fonksiyonunda (Z), aylık ortalama beklenen işlem hacmi ile birbirine yakın noktalarda şube açma cezası ile şube açılış - kapanış maliyetleri arasındaki fark (toplam net kazanç) en büyüklenmektedir. Kısıt (4.7) açılabilir en büyük sayıda toplam şube sayısını (bütçe), Kısıt (4.8) önceden bahsedildiği üzere strateji gereği belli (örn. son 3 yılda açılan) şubelerin kapatılamayacağını ya da belli noktalarda şube olmasının zorunluluğunu, Kısıt (4.9) S değerine bağlı olarak birbirine yakın bir noktada şube açma cezasını göstermektedir. $d_{im} < S$ ise $k_{im} = S - d_{im}$ olarak belirlendikten sonra normalize edilerek kullanıldığı için 0 ve 1 arası değer alıp aksi durumda $k_{im} = 0$ 'dır. Bu

durum S mesafesi boyunca, birbirine yakın noktada şube açma cezasının, mesafe azaldıkça arttığını, böylece λ_{imj} 'nin pozitif değer aldığını göstermektedir. Şekil 4.2., S değerine bağlı olarak mesafe ve parametreler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Kısıt (4.10) şube yerlerini temsil eden karar değişkenlerinin ikili olduğunu, Kısıt (4.11) birbirine yakın bir yerde şube açma cezasının negatif olamayacağını göstermektedir. Modelde kullanılmak üzere k_{im} 'nin normalize edilerek 0-1 arası değere dönüştürülmüş olması nedeniyle, λ_{imj} de 0-1 arası değer almaktadır. Model eş zamanlı olarak, şube açma ve kapamaya izin vermektedir. Ayrıca, aynı aday noktasında aynı tipte birden fazla şube açılmasına izin verilmezken, farklı tipte olmak üzere birden fazla şube açılmasına izin verilmektedir. Mevcut durumda hizmet vermekte olan bir şubenin yerinin değiştirilmeden sadece tipinin değiştirilmesi durumunda ise, bir şubenin kapanıp yerine diğer şubenin açıldığı durumlarda katlanılan açma – kapama maliyetleri ile işlem hacmi farklılıkları hesaba katılmakta, dolayısıyla sadece tip değil aynı zamanda yeri değişen şubeler için uygulanan yöntemin aynısı geçerli olmaktadır.



Şekil 4.2 : Matematiksel modelde kullanılan k_{im} , d_{im} ve S arasındaki ilişki.

Önerilen matematiksel modelin uygulanabilmesi için kullanılacak veri setinin birbiriyle uyumlu olarak sayısallaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle, aday noktaların sosyal potansiyelini etkileyen kriterlerden biri olan eğitim düzeyi, 1: okuma – yazma bilmeyen, 2: ilköğretim mezunu, 4: lise mezunu, 5: üniversite mezunu kişi sayısının ağırlığını göstermek kaydıyla ağırlıklı ortalama aracılığıyla sayısal verilere dönüştürülmektedir. Öte yandan, kriterlere ait verilerin aynı boyuta indirgenmesi için uygun şekilde normalize edilmesi gerekmektedir. Aday noktaların aylık ortalama işlem hacmi detayları Bölüm 4.1’de verilen hiyerarşiye uygun olarak tahmin edilmektedir. Maliyet kriteri olan rakip banka şube sayısının 0 olduğu aday noktaların bulunması durumunda, tanımsız bir

değer elde edilmemesi için normalizasyon yöntemi olarak doğrusal normalizasyon (1) yaklaşımının kullanılmayacağı aşikârdır. Bu nedenle, doğrusal normalizasyon (2) yönteminin kullanılması önerilmektedir. Böylece, $(i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n; x_j^* = maks_i(x_{ij})$ ve $x_j^- = min_i(x_{ij})$ iken fayda kriteri için $r_{ij} = (x_{ij} - x_j^-)/(x_j^* - x_j^-)$ ve maliyet kriteri için $u_{ij} = (x_j^* - x_{ij})/(x_j^* - x_j^-)$ eşitlikleri aracılığıyla) Bölüm 2.7’de anlatılan doğrusal normalizasyon (2) yaklaşımı ve Bölüm 4.2’de tarif edildiği şekilde elde edilecek ağırlıklar kullanılarak, hiyerarşinin en alt seviyesinden başlayıp en üst seviyesine kadar tüm kriterlere ait veriler tespit edilmektedir. Doğrusal normalizasyon (2) yöntemi, gerek fayda gerekse maliyet kriterleri açısından en iyi noktaların “1”, en kötü noktaların ise “0” değerini almasını, böylece aday noktaların işlem hacminin daha sağlıklı bir şekilde analiz edilmesini sağlamaktadır. İşlem hacminin hesaplanması için kullanılacak kriterler, doğrusal normalizasyon (2) yöntemi ile normalize edilip 0-1 arası değerler aldıktan sonra 0-1 arası kriter ağırlık değerleri ile çarpılıp toplandığında elde edilen işlem hacminin en büyük değerinin 1 olacağının garantisi yoktur. Bu nedenle elde edilen işlem hacmi değerlerinin tekrar normalize edilmesinin fayda sağlayacağı düşünülmektedir. En düşük değere sahip noktanın 0 değeri alması tercih edilmeyeceği için bu sefer doğrusal normalizasyon (2) yöntemi yerine doğrusal normalizasyon (1) yönteminin kullanılması önerilmektedir. Böylece $(i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n; x_j^* = maks_i(x_{ij})$ iken işlem hacminin fayda kriteri olması nedeniyle $r_{ij} = x_{ij} / x_j^*$ eşitliği yardımıyla işlem hacmi tekrar normalize edilerek matematiksel modelde kullanıma hazır hale getirilmektedir. Aday noktaların işlem hacmi ile arasında ters orantı olması nedeniyle, rakip banka şube sayısı ile ulaşım kolaylığını etkileyen komşu noktalara olan uzaklık toplamı maliyet kriteri iken, diğer kriterler fayda niteliklidir.

İşlem hacmine benzer şekilde, aday noktalar arasındaki mesafeyi gösteren k_{im} verilerinin de normalize edilmesi gerekmektedir. Böylece, öncelikle uzman görüşü ve aday noktaların coğrafi yapısına bağlı olarak S değeri belirlenmekte, daha sonra aday noktaların birbirlerine olan mesafesine yönelik veriler toplanarak (metre cinsinden) k_{im} değeri hesaplanmaktadır. k_{im} değeri büyüdükçe aday noktaya daha büyük bir ceza uygulanacağı için bu verinin fayda kriteri olarak normalize edilmesi gerekmektedir. İşlem hacmine ait veriler için uygulandığı gibi k_{im} verilerinin de normalize edilmesi için

doğrusal normalizasyon (2) yöntemi kullanılarak söz konusu veriler 0-1 arasına dönüştürülmektedir.

Amaç fonksiyonundaki ilk iki terimin normalize edilmesi ve diğer terimler olan şube açma-kapama maliyetinin hâlihazırda 0 ya da 1 olması nedeniyle, amaç fonksiyonundaki tüm terimler her aday noktası için 0-1 arası değerler almaktadır. Böylece her aday noktasının amaç fonksiyonuna katkısı en fazla 1, en az -3 olabilmektedir. Dolayısıyla amaç fonksiyonu; en fazla aday noktası sayısı, en az (-3) ile aday nokta sayısının çarpımı kadar değer alabilmektedir. Son olarak, amaç fonksiyonundaki ilk iki ve son iki terim arasındaki olası ölçekleme (“scaling”) etkisi, uzman görüşü ile elde edilen c_{3j} ve c_{4j} 'nin etkisinin düşük olması nedeniyle göz ardı edilmiştir.

4.4. Önerilen Tek Dönemli Modelin Rassal Veriler Aracılığıyla Doğrulanması

Önerilen tek dönemli matematiksel model, öncelikle rassal veriler kullanılarak doğrulanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla işlem hacmini etkileyen kriterler, verilerin büyüklüğünün etkisini yok etmek amacıyla 0-1 arası rassal olarak üretilmiş, belirlenen ağırlıklara göre 25 aday noktası olan bir il için aylık tahmini işlem adetleri saptanmıştır. Mevcut durumda ikişer adet farklı tipte toplam 8 adet şubenin açık olduğu varsayılmıştır. Bankanın açık şube sayısını toplam 11'e çıkarmak istediği düşüncesiyle; c_{1j} , c_{2j} , c_{3j} ve c_{4j} değerleri ile kriter ağırlıkları rassal olarak belirlenmiştir. Aylık ortalama işlem hacmi ile talep noktalarının kendi aralarındaki mesafeleri 0-1000 arası rassal olarak üretilmiştir ve $S = 1.000$ metre olarak belirlendikten sonra bulunan k_{im} verileri normalize edilmiştir. Her tipte birer şubenin son 3 yılda açılmış olduğu varsayımıyla kapatılamayacağı düşüncesiyle, problem CPLEX 12.2 ile çözülmüş ve 16 saniye sonunda en iyi çözüm bulunmuştur. Sonuç incelendiğinde, rassal üretilen h_{ij} , k_{im} , c_{1j} , c_{2j} , c_{3j} ve c_{4j} değerlerine bağlı olarak en iyi noktalarda şube açılışına izin verildiği görülmüştür. Öte yandan mevcut durumda hiç şube bulunmayan yerlerde yeni şube açıldığı, aday noktalarda hizmet veren şube/şubelerin kapatıldığı ya da mevcut durumda hizmet vermekte olan bir şube kapatılmadan aynı aday noktada ayrıca başka tipte yeni bir şubenin açılabilirdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, şube açma-kapama durumuna izin verildiğinin ve tanımlanan değişkenlerin etkisiyle aynı noktada aynı şube tipinde birden fazla şube açılmazken, farklı tipte şubeler açılabilirdiğinin bir kanıtıdır. Ayrıca modelin,

çok yüksek ya da çok düşük c_{1j} , c_{2j} , c_{3j} , c_{4j} değerlerinde nasıl yanıt verdiği incelenmiştir. Öncelikle c_{2j} , c_{3j} , c_{4j} maliyetleri 0 kabul edilmiş, böylece 1 değerini alan c_{1j} ile modelin sadece işlem hacmini en büyükmeyi hedeflediği varsayılmıştır. Bu durumda P adet şube açıldığı ancak şubeler arası mesafe, açma ve kapama maliyetlerinin hesaba katılmaması nedeniyle önceki aşamada bulunan yerlerden farklı (işlem hacmi en yüksek) aday noktaların çözümde yer aldığı ve her tip için açılan şube sayılarının değiştiği görülmüştür. c_{3j} ile temsil edilen açma maliyetinin çok yüksek olduğu durumlarda Kısıt (4.7)'nin \leq olması nedeniyle P 'den daha az sayıda şubelerin açıldığı, c_{4j} ile temsil edilen kapama maliyetinin yüksek olması durumunda ise mevcut durumda hizmet veren şubelerin kapatılmadığı analiz edilmiştir.

Büyük bir veri seti ile modelin nasıl sonuç verdiği incelenmesi için daha büyük bir rassal problem üretilmiştir. 200 aday noktası olan bir il için aylık işlem adetleri tahmin edildikten sonra mevcut durumda 8'er adet farklı tipte toplam 32 adet şubenin açık olduğu varsayımı ve bankanın açık şube sayısını toplam 37'ye çıkarmak istediği düşüncesiyle; c_{1j} , c_{2j} , c_{3j} , c_{4j} , S , k_{im} ve diğer veriler önceki problemle aynı şekilde belirlenmiştir. Yine her tipte birer şubenin son 3 yılda açılmış olduğu varsayımıyla kapatılmayacağı düşüncesiyle, 3 saatlik süre sonunda bulunan en iyi tamsayı değerinin, en iyi düğüme uzaklığının ("gap") %46,23 değerinde olduğu görülmüş, böylece problemin en iyi çözümü bulunamamıştır.

4.5. Önerilen Tek Dönemli Matematiksel Modelin Karmaşıklığı

Kesikli çözüm uzayına sahip problemler için en iyi çözümü arayan ya da bulan yöntemler *Kombinatoryal Optimizasyon* yöntemleri olarak adlandırılmaktadır. Kombinatoryel optimizasyon problemleri, çözülmesi kolay (P – "Polynomial") ve zor (NP – "Nondeterministic Polynomial") olarak iki tür problem içermektedir (Garey ve diğ., 1979). P sınıfındaki problemler için çeşitli algoritmalar kullanılarak, problem boyutunun polinom fonksiyonu olarak artan sürede en iyi çözüm bulunabilmektedir. NP problemler için polinom sürede çözüm veren bir algoritma bulunmamakta ve bu problemlerin çözüm süresi genelde, problem boyutuna bağlı olarak üstel şekilde artmakta, böylece kabul edilebilir sürede kesin çözümünün bulunması kolay olmamaktadır. Bu nedenle, çözümü için gerekli zamanın üstel fonksiyona bağlı olduğu

NP problemler için genelde Bölüm 2.6.2’de anlatılan Yaklaşık Çözüm Veren Tekniklerden yararlanılmaktadır (West, 2004).

Hesaplama karmaşıklığı açısından NP sınıfı, P sınıfını kapsamaktadır. Ancak NP sınıfı içinde bulunup hiçbir şekilde P sınıfına dâhil edilemeyecek problemler de mevcuttur. Birçok matematikçi tarafından bu problemlerin çok zor olması nedeniyle polinom zaman içinde çözümlerini sağlayacak algoritmaların kesinlikle bulunamayacağı savunulmuştur. Bu sınıf içerisinde yer alan problemler NP -Zor niteliklidir. Eğer bütün NP sınıfı, polinom zaman içinde P problemine indirgenebiliyorsa P problemi NP -Zor olarak tanımlanmakta ve bu durum, P probleminin en az NP sınıfındaki bütün problemler kadar zor olduğunu temsil etmektedir. *Sırt Çantası Problemi*, NP -Zor problemlerin en bilinen örneğidir. NP ve NP -Zor olan problemler NP -Tam olarak adlandırılmakta olup NP sınıfında yer alan en zor problemleri temsil etmektedir. NP -Tam problemlerin en bilinen örneği *Gezgin Satıcı Problemi* (GSP)’dir (Bodlaender ve Jansen, 2000).

Uygulama bankasının planlama döneminde son 3 yıl içinde açılmış şubesinin olmaması (L ’nin boş küme olması) ve aday noktalar arasındaki mesafenin S ’den büyük olması ($\lambda_{imj}=0$) durumunda önerilen matematiksel model; Church ve ReVelle (1974) tarafından önerilen; NP -Zor olduğu Megiddo ve diğ. (1983) tarafından tarif edilip Marianov ve ReVelle (1995) tarafından ispat edilen klasik EBKM modeline indirgenmektedir. Bu durum, önerilen modelin NP -Zor olduğunun kanıtı olup, özellikle ikili değişken sayısının fazla olduğu problemler için en iyi çözümün kolaylıkla bulunamayacağını göstermektedir.

4.6. Önerilen Çok Dönemli Matematiksel Model

Şubelerin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesinin bankalar için stratejik bir karar olması gerekçesiyle Bölüm 4.4’te önerilen tek (kısa) dönemli planlamanın yanı sıra uzun dönemli planlamanın yapılması, bankaların rekabet gücünü arttıracaktır. Bu amaçla, banka şubelerinin yer seçiminin yapılması için ayrıca çok dönemli matematiksel modelin kullanılması önerilmektedir.

Önerilen çok dönemli matematiksel modelde kullanılacak ana kriterler (şubeler arası mesafe, aylık ortalama işlem hacmi, açma ve kapama maliyeti şeklinde) tek dönemli modeldekinin aynısıdır. Ancak geçmiş ve mevcut verilerden yola çıkarak gelecek dönem için elde edilecek tahmini değerlerin kullanılacak olması nedeniyle tek dönemli modelde işlem hacminin tahmin edilmesi amacıyla kullanılan “büyüme potansiyeli” alt kriterinin çok dönemli modelde kullanılmasına ihtiyaç duyulmamaktadır. Böylece önerilen çok dönemli matematiksel model şu şekildedir:

T: Planlama dönemi kümesi,

I: Şube açılışı için aday noktalar kümesi,

J: Farklı şube tipleri kümesi (Bireysel, Girişimci, Ticari, Kurumsal),

K: Mevcut durumda (1. dönemin başında) açık şubelerin bulunduğu bölgeler kümesi,

L: Mevcut dönem (2014) öncesi son 3 yıl içinde (2012 yılında) açılan ve bir dönem daha açık tutulacak şubelerin bulunduğu bölgeler kümesi,

N: Mevcut dönem (2014) öncesi son 2 yıl içinde (2013 yılında) açılan ve (*L*'nin *N*'yi kapsamı sayesinde) iki dönem daha açık tutulacak şubelerin bulunduğu bölgeler,

t: Planlama dönemi,

i: Şube açılışı için aday nokta,

j: Şube tipleri (Bireysel, Girişimci, Ticari, Kurumsal),

h_{ij} : İkili karşılaştırma sonucunda elde edilen ağırlıklar kullanılarak hesaplanan, *t*. dönem içinde *i* bölgesinde açılacak *j* tipi şubenin aylık ortalama işlem hacmidir.

P_t: *t*. dönem içinde açılacak toplam en büyük şube sayısı (4 tip için),

d_{im} : Şube açılışı için aday *i* ve *m* bölgeleri arasındaki mesafe (metre cinsinden),

S: Yakın bölgelerde kurulacak şubeler için hesaba katılacak ceza maliyetinin sınır mesafesi (metre cinsinden),

k_{im} : (metre cinsinden) *t* döneminde, *i* ve *m* bölgeleri arasındaki mesafeye bağlı parametre ($d_{im} < S$ ise $k_{im} = S - d_{im}$ olarak belirlendikten sonra normalize edilerek kullanıldığı için 0-1 arası değer alıp aksi durumda $k_{im} = 0$ 'dır.)

c_{1j} : *j* tipi şube açılması durumunda, işlem hacmi getirisi (yüzde cinsinden),

c_{2j} : Birbirine yakın bölgelerde *j* tipi şube açılması durumunda katlanılacak maliyet (yüzde cinsinden),

c_{3j} : *j* tipi şube açma maliyeti (yüzde cinsinden),

c_{4j} : j tipi şube için kapama maliyeti (yüzde cinsinden),

Karar Değişkenleri:

λ_{timj} : i ve m bölgelerinin her ikisinde de t döneminde j tipi şube açılmasının cezası (0-1 arası değer)

$$x_{tij} = \begin{cases} 1, t \text{ döneminde } i \text{ hizmet noktasında } j \text{ tipi şube açıksa} \\ 0, \text{ aksi durumda} \end{cases}$$

$$y_{tij} = \begin{cases} 1, t \text{ döneminde } i \text{ hizmet noktasında } j \text{ tipi şube kapanmışsa} \\ 0, \text{ aksi durumda} \end{cases}$$

$$z_{tij} = \begin{cases} 1, t \text{ döneminde } i \text{ hizmet noktasında } j \text{ tipi şube yeni açılmışsa} \\ 0, \text{ aksi durumda} \end{cases}$$

$$U(\text{maks}) \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{1j} h_{ij} x_{tij} - \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \sum_{m \in I, i \neq m} \sum_{j \in J} c_{2j} \lambda_{timj} - \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{3j} z_{tij} - \sum_{t \in T} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{4j} y_{tij}$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} x_{tij} \leq P_t \quad \forall t \in T \quad (4.12)$$

$$\lambda_{timj} \geq k_{tim} (x_{tij} + x_{tmj} - 1) \quad \forall t \in T, i, m \in I, i \neq m, j \in J \quad (4.13)$$

$$z_{(t+1)ij} \geq x_{(t+1)ij} - x_{tij} \quad \forall t \in 1, \dots, T-1, i \in I, j \in J \quad (4.14)$$

$$z_{1ij} \geq x_{1ij} \quad \forall i \notin K, j \in J \quad (4.15)$$

$$y_{(t+1)ij} \geq x_{tij} - x_{(t+1)ij} \quad \forall t \in 1, \dots, T-1, i \in I, j \in J \quad (4.16)$$

$$y_{1ij} \geq (1 - x_{1ij}) \quad \forall i \in K, j \in J \quad (4.17)$$

$$y_{1ij} = 0 \quad \forall i \in L, j \in J \quad (4.18)$$

$$y_{2ij} = 0 \quad \forall i \in N, j \in J \quad (4.19)$$

$$(1 - z_{tij}) \geq y_{(t+1)ij} \quad \forall t \in 1, \dots, T-1, i \in I, j \in J \quad (4.20)$$

$$(1 - z_{tij}) \geq y_{(t+2)ij} \quad \forall t \in 1, \dots, T-2, i \in I, j \in J \quad (4.21)$$

$$x_{tij}, y_{tij}, z_{tij} \in \{0, 1\} \quad \forall t \in T, i \in I, j \in J \quad (4.22)$$

$$\lambda_{timj} \geq 0 \quad \forall t \in T, i, m \in I, j \in J \quad (4.23)$$

Modelin amaç fonksiyonunda (U) planlama dönemi (T) boyunca, toplam aylık ortalama beklenen işlem hacmi ile birbirine yakın noktalarda şube açma cezası ile ve şube açılış - kapanış maliyetleri arasındaki fark (net kazanç) en büyüklenmektedir. Kısıt (4.12), her dönem için açılacak toplam en büyük sayıda şube sayısını (bütçe), Kısıt (4.13), S değerine bağlı olarak birbirine yakın bir noktada şube açma cezasını göstermektedir. Tek dönemli modelde olduğu gibi, $d_{im} < S$ ise $k_{tim} = S - d_{im}$ olup aksi durumda $k_{tim} = 0$ 'dir.

Bu durum, S mesafesi boyunca, birbirine yakın noktada şube açma cezasının, mesafe azaldıkça arttığını, böylece λ_{timj} 'nin pozitif değer aldığını göstermektedir. Aday noktalar arası mesafenin planlama dönemi boyunca değişmeyeceği varsayımıyla her dönem için S ve d_{tim} değerleri eşit kabul edilmekte, böylece k_{tim} değerleri dönemler arası değişmemektedir. Kısıt (4.14), $x_{tij} = 0$ ve $x_{(t+1)ij} = 1$ ise $z_{(t+1)ij}$ 'nin 1 olmasını garanti ederek ikinci dönemden itibaren açma değişkeni olan z_{tij} 'nin değer almasını sağlamaktadır. Kısıt (4.15) ise, birinci dönemde yeni açılacak şubelere göre z_{1ij} 'nin 1 olmasını garanti etmektedir. Şöyle ki, mevcut durumda kapalı olan bir şube için x_{1ij} 'nin 1 olması halinde z_{1ij} de 1 değerini alacaktır. Kısıt (4.16), $x_{tij} = 1$ ve $x_{(t+1)ij} = 0$ ise $y_{(t+1)ij}$ 'nin 1 olmasını garanti ederek ikinci dönemden itibaren kapama değişkeni olan y_{tij} 'nin değer almasını sağlamaktadır. Kısıt (4.17) ise, mevcut durumda açık olup birinci dönemde kapanacak şubelere göre y_{1ij} 'nin 1 olmasını garanti etmektedir. Şöyle ki, mevcut durumda açık olan bir şube için x_{1ij} 'nin 0 olması halinde y_{1ij} de 1 değerini alacaktır. Kısıt (4.18), tek dönemli modelde olduğu gibi mevcut durumda hizmet veren ve en az bir yıl daha açık tutulması gereken şubelerin birinci dönem kapatılamayacağını, Kısıt (4.19) ise mevcut durumda hizmet veren ve en az iki yıl daha açık tutulması gereken şubelerin ikinci dönem kapatılamayacağını göstermektedir. Kısıt (4.20) ve (4.21) ise yeni açılan şubelerin sonraki 2 yıl boyunca kapatılamayacağını ifade etmektedir. Kısıt (4.22) x_{tij} , y_{tij} ve z_{tij} karar değişkenlerinin ikili, Kısıt (4.23), birbirine yakın bir yerde şube açma cezasının negatif olamayacağını göstermektedir. Modelde kullanılmak üzere k_{tim} 'nin normalize edilerek 0-1 arası değere dönüştürülmüş olması nedeniyle, λ_{timj} de 0-1 arası değer almaktadır. Tek dönemli modelde olduğu gibi çok dönemli modelde de, söz konusu kısıtlara uygun şekilde eş zamanlı olarak şube açma ve kapamaya izin verilmektedir. Ayrıca, aynı dönem içinde aynı aday noktada aynı tipte birden fazla şube açılmasına izin verilmezken, farklı tipte olmak üzere birden fazla şube açılmasına izin verilmektedir. Dönem sayısının bir olması durumunda çok dönemli model, tek dönemli modelin yapısına indirgendiği için hesaplama karmaşıklığı açısından NP-Zor niteliklidir. Son olarak, amaç fonksiyonundaki ilk iki ve son iki terim arasındaki olası ölçekleme etkisi, uzman görüşü ile elde edilen c_{3j} ve c_{4j} 'nin etkisinin düşük olması nedeniyle, tek dönemli modelde olduğu gibi göz ardı edilmiştir.

Tek dönemli modelde kullanılan, son 3 yıl içinde açılan şubelerin kapatılmaması kısıtına bağlı olarak çok dönemli modelde planlama periyodunun 3 yıldan uzun olması gerekmektedir. Öte yandan rekabetin yüksek ve ortamın sürekli değişmesi nedeniyle, 5 yıl ya da daha uzun süreli bir planlamanın doğru olmayacağı aşikârdır. Bu sebeple, çok dönemli modelin uygulanması sırasında en uygun planlama döneminin “4 yıllık” olduğuna, böylece $T = 4$ ve $t = 1, 2, 3, 4$ olarak kullanılmasına karar verilmiştir.

4.7. Önerilen Çok Dönemli Modelin Rassal Veriler Aracılığıyla Doğrulanması

Bölüm 4.4’te tek dönemli model için gerçekleştirildiği üzere çok dönemli modelin de doğrulanması amacıyla rassal problemler üretilmiştir. Bölüm 4.4’te rassal olarak saptanan işlem hacmini etkileyen kriterlerin değerleri, çok dönemli modelin birinci dönemi için kullanılmıştır. Rassallık dolayısıyla dönemler arası tutarsızlığın önlenmesi için 2., 3. ve 4. dönemin işlem hacmi, her seferinde bir önceki döneme kıyasla rassal olarak +%10 ve -%10 arasında değişecek şekilde kullanılmıştır. Kriter ağırlıkları, c_{1j} , c_{2j} , c_{3j} , c_{4j} , S ve d_{im} değerleri her dönem için sabit kabul edilmiştir. Mevcut durumda hizmet veren şubelerin bulunduğu noktalar ve açılış yılı ile her planlama dönemi için her şube tipinde açılacak en fazla şube sayısının rassal olarak belirlendiği toplam 25 aday noktası olan problem için CPLEX 12.2 ile yaklaşık 50 dakika sonucunda en iyi çözüm bulunmuştur. Modelin sonucu incelendiğinde açılacak şube sayısı ve hizmet süresi kısıtına uygun olarak dönemler arası şube yerlerinin değiştirildiği görülmüştür.

Ayrıca c_{1j} , c_{2j} , c_{3j} , c_{4j} ’nin uç değerler alması durumunda, tek dönemli modelde olduğu gibi çok dönemli modelin de nasıl yanıt verdiği incelenmiştir. Öncelikle c_{2j} , c_{3j} , c_{4j} maliyetleri 0 kabul edilmiş, böylece 1 değerini alan c_{1j} ile modelin sadece işlem hacmini en büyükmeyi hedeflediği varsayılmıştır. Bu durumda her dönem P_t adet şube açıldığı ancak şubeler arası mesafe, açma ve kapama maliyetlerinin hesaba katılmaması nedeniyle önceki aşamada bulunan yerlerden farklı (işlem hacmi en yüksek) aday noktaların çözümde yer aldığı ve her tip için açılan şube sayılarının değiştiği görülmüştür. c_{3j} ile temsil edilen açma maliyetinin çok yüksek olduğu durumlarda Kısıt (4.12)’nin \leq olması nedeniyle P_t ’den daha az sayıda şubelerin açıldığı, c_{4j} ile temsil edilen kapama maliyetinin yüksek olması durumunda ise mevcut durumda hizmet veren şubelerin kapatılmadığı analiz edilmiştir.

Büyük bir veri seti ile modelin nasıl sonuç verdiğinin incelenmesi için 50, 100 ve 200 aday noktalı problemler ile gerekli senaryolar üretilmiş, 10 saatlik süre sonunda bulunan en iyi tamsayı değerinin (“best integer”), en iyi düğüme (“best node”) uzaklığının (“gap”) en az %50 değerinde olduğu görülmüş, böylece 10 saat içinde bu problemlerin en iyi çözümü bulunamamıştır.

5. ÖNERİLEN YÖNTEMİN TÜRK BANKACILIK SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI

Önerilen yöntemin Türk bankacılık sektöründe uygulanması için öncelikle aday noktalardaki kriterlere ait değerlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu bölümde, önerilen kriterler arasında olup temin edilmesi mümkün olmayan ya da başka bir kriterle yüksek oranda ilişkili olması dolayısıyla çalışmaya dâhil edilmeyecek kriterler netleştirilmiştir. Ayrıca kriter ağırlıkları belirlenerek önerilen matematiksel modellerin Türk bankacılık sektörü için sonuçları analiz edilmiştir.

5.1. Kriterlerin Belirlenmesi

Bölüm 4.1’de detaylandırılan kriterler, birçok bankanın şubeleri için en uygun yerin belirlenmesi amacıyla kullanılabilir niteliktedir. Öte yandan bankacılık sektöründe verilerin gizliliğinin önemi ve bazı kriterlere ait verilerin bulunamaması nedeniyle gerçek hayat uygulaması esnasında kullanılan kriterlerin önerilen yapıdan farklı olması kaçınılmazdır. Buna göre, işlem hacminin tahminine yönelik kullanılması planlanan kriterler ile ilgili durum şu şekildedir:

- ✓ Potansiyel müşteri sayısının tespit edilmesi için önerilen “gündüz nüfusu”, ilgili kurumlardan talep edilmiş ancak temin edilememiştir. Bu nedenle, sosyal ve ticari potansiyel kapsamındaki, aday noktaların gündüz nüfusunu etkileyebilecek nitelikteki alt kriterler ile aday noktanın toplam nüfusunun kullanılmasına karar verilmiştir. Bu bağlamda, sosyal potansiyel içerisindeki “eğlence yeri” ile ticari potansiyel kapsamındaki “otopark” “oto servis” alt kriterlerinin aday noktaların gündüz nüfusuna etkisinin düşük olacağı gerekçesiyle elenmesine, böylece potansiyel müşterisi sayısının tahmin edilmesi için gündüz nüfusunun tespiti amacıyla toplam nüfus ile iş yeri – finansal işletme – eğitim yeri ve hastane sayısının kullanılmasına karar verilmiştir.

- ✓ Ulaşım kolaylığının tahmini için önerilen “durak sayısı” ve “sefer sayısı”, İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri Genel Müdürlüğünden (İETT) talep edilmiş ancak kurumun bu verileri mahalle bazlı tutmadığı öğrenilmiştir. Bu nedenle ulaşım kolaylığının, ulaşım ağı referans alınarak hesaplanan şubeler arası mesafeden yararlanarak tespit edilmesine, böylece her aday noktanın komşu mahallelere olan mesafesinin toplamının, (rakip banka şube sayısı gibi) işlem hacmi üzerindeki ters yönlü ilişkisi dolayısıyla maliyet kriteri olarak kullanılmasına karar verilmiştir.
- ✓ Büyüme potansiyelinin tahmini için her şube tipi için sadece toplam nüfus alt kriterinin geçmiş verileri elde edilmiştir. Bu nedenle büyüme potansiyelinin, sadece toplam nüfusun gelişiminden yola çıkarak hesaplanmasına karar verilmiştir. Aday noktaların son 4 yıllık toplam nüfusu incelendiğinde veri yapısında bir eğilim olduğu görülmekte, böylece tahminleme amacıyla kullanılacak en uygun yöntemin Bölüm 2.8’de anlatılan “Regresyon Analizi” olduğu düşünülmektedir.
- ✓ Veriler arasındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla 763 mahalleye sahip İstanbul üzerinden gerçekleştirilen Korelasyon Analizinin sonuçları Çizelge 5.1’de özetlenmiştir. Buna göre, toplam nüfus ve konut sayısı arasındaki 0,944 olarak elde edilen korelasyon katsayısı, bu iki veri arasında çok güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Toplam nüfusun, “potansiyel müşteri sayısı” ve “büyüme potansiyeli” verilerinin tahmin edilmesi için kullanılacak olması nedeniyle “konut sayısı” verisinin elenmesine karar verilmiştir.
- ✓ Benzer şekilde “otopark” ve “park” alt kriterleri arasında 0,998 değerindeki korelasyon katsayısı, bu iki kriter arasında çok güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. “Otopark” alt kriterinin “ticari”, “park” alt kriterinin ise “sosyal potansiyelin” tahmin edilmesi için kullanılması ve Bölüm 5.2’de görüleceği üzere uzman görüşüne göre genellikle sosyal potansiyelin işlem hacmi üzerindeki ağırlığının ticari potansiyele kıyasla daha düşük olması nedeniyle “park” verisinin elenmesine karar verilmiştir.
- ✓ “Finansal işletme” ile “restoran” alt kriterleri arasında 0,755 değerindeki ilişki bulunmaktadır. Her ikisi de “ticari potansiyel” hesabında kullanılan bu alt kriterler arasından, Bölüm 5.2’de görüleceği üzere ağırlığının daha düşük olması nedeniyle “restoran” verisinin elenmesine karar verilmiştir.

Çizelge 5.1 : Önerilen kriterler arası korelasyon.

	Toplam nüfus	Eğitim düzeyi	Konut sayısı	Yazlık sayısı	Eğitim yeri	Park	Hastane	Eğlence	Özel işletme	Alışveriş merkezi	Otopark	Finansal işletme	Restoran	Oto servisi	Rakip banka şube sayısı	Ortalama hane geliri
Toplam nüfus	-	-0,120	0,944	-0,074	0,344	0,033	0,265	-0,047	0,049	0,456	0,034	0,131	0,280	0,060	0,167	-0,111
Eğitim düzeyi		-	0,027	-0,026	0,325	0,417	0,300	0,342	0,085	0,142	0,413	0,405	0,408	0,030	0,381	0,582
Konut sayısı			-	-0,056	0,396	0,067	0,302	0,007	0,070	0,440	0,066	0,198	0,328	0,067	0,226	-0,022
Yazlık sayısı				-	-0,006	-0,069	-0,027	-0,020	-0,031	-0,048	-0,064	-0,045	-0,059	-0,007	-0,057	-0,021
Eğitim yeri					-	0,388	0,429	0,166	0,130	0,389	0,388	0,458	0,509	0,100	0,410	0,236
Park						-	0,375	0,402	0,339	0,438	0,998	0,550	0,637	0,132	0,545	0,247
Hastane							-	0,235	0,111	0,503	0,376	0,508	0,561	0,038	0,478	0,162
Eğlence								-	0,117	0,238	0,403	0,361	0,583	0,015	0,333	0,158
Özel işletme									-	0,317	0,341	0,407	0,361	0,313	0,453	0,065
Alışveriş merkezi										-	0,440	0,581	0,738	0,172	0,591	0,021
Otopark											-	0,551	0,639	0,132	0,548	0,244
Finansal işletme												-	0,755	0,392	0,874	0,258
Restoran													-	0,253	0,738	0,231
Oto servisi														-	0,304	0,049
Rakip banka şube sayısı															-	0,220
Ortalama hane geliri																-

Kullanılması önerilen kriterler arasındaki ilişki düzeyinin güvenilir olup olmadığının tespit edilmesi için korelasyon katsayılarının anlamlılığının ölçülmesi gerekmektedir. t testi, bu amaçla yaygın olarak kullanılan istatistiksel yöntemlerden biridir (Snedecor ve Cochran 1989; Haan 2002). Korelasyon katsayılarının anlamlılığının ölçülmesi için öncelikle ilgili hipotezler kurulur:

$H_0: r = 0$ (Korelasyon anlamlı değil, iki değişken arasında ilişki yoktur.)

$H_1: r \neq 0$ (Korelasyon anlamlı, iki değişken arasında ilişki vardır.)

Standardize edilmiş test istatistiği hesaplanır: $t = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ (serbestlik derecesi = $n - 2$)

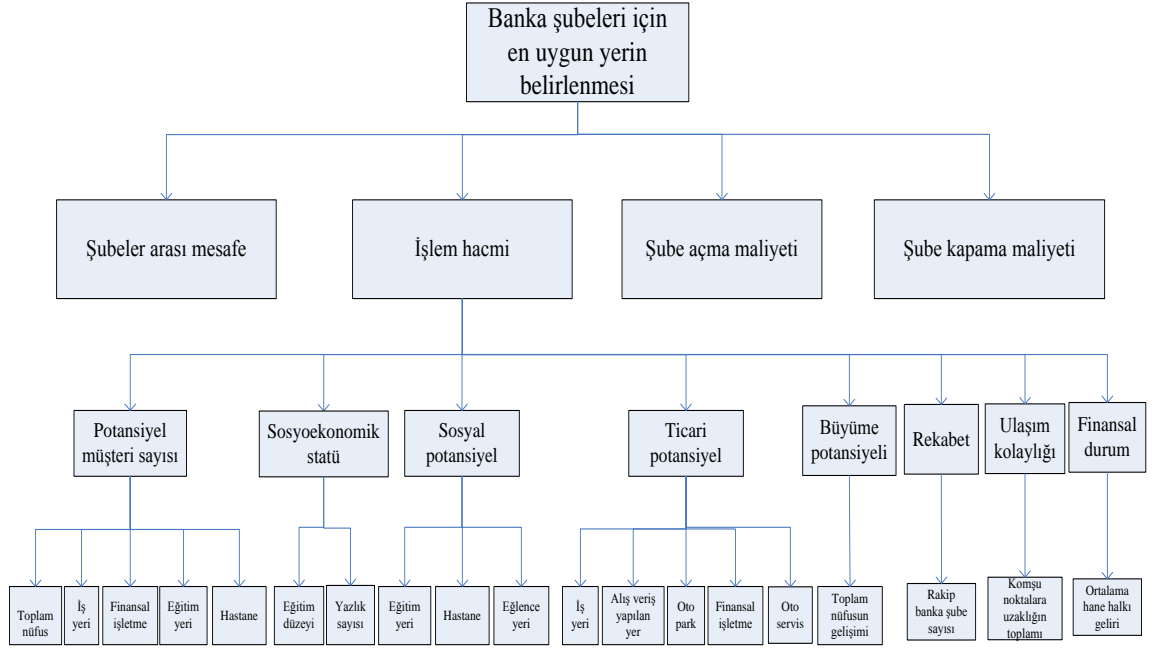
$t > t_0$ ya da $t < -t_0$ olması halinde H_0 hipotezi reddedilir ve değişkenler arasındaki korelasyonun anlamlı olduğu kabul edilir. Şekil 5.1’de gösterilen ve uygulama kapsamında kullanılması önerilen kriterler için $n = 763$ mahalle üzerinden hesaplanan standardize edilmiş test istatistiği (t) Çizelge 5.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 5.2 : Önerilen kriterler arasındaki standardize edilmiş test istatistiği.

	Toplam nüfus	Eğitim düzeyi	Yazlık sayısı	Eğitim yeri	Hastane	Eğlence	Özel işletme	Alışveriş merkezi	Otopark	Finansal işletme	Oto servisi	Rakip banka şube sayısı	Ortalama hane geliri
Toplam nüfus	-	-3,334	-2,047	10,106	7,581	-1,298	1,353	14,134	0,938	3,645	1,658	4,673	-3,081
Eğitim düzeyi		-	-0,717	9,480	8,675	10,040	2,353	3,957	12,510	12,219	0,828	11,368	19,743
Yazlık sayısı			-	-0,166	-0,745	-0,552	-0,856	-1,326	-1,769	-1,243	-0,193	-1,575	-0,579
Eğitim yeri				-	13,101	4,644	3,617	11,649	11,613	14,213	2,773	12,401	6,700
Hastane					-	6,670	3,081	16,055	11,194	16,269	1,049	15,012	4,529
Eğlence						-	3,250	6,760	12,147	10,679	0,414	9,742	4,414
Özel işletme							-	9,220	10,007	12,292	9,091	14,017	1,797
Alışveriş merkezi								-	13,517	19,692	4,817	20,211	0,579
Otopark									-	18,214	3,674	18,072	6,941
Finansal işletme										-	11,755	49,617	7,367
Oto servisi											-	8,803	1,353
Rakip banka şube sayısı												-	6,221
Ortalama hane geliri													-

Çizelge 5.2’de hesaplanan t değerleri, $\alpha = 0,001$ önem düzeyinde test edilmiş ve serbestlik derecesi 1.000 olan duruma karşılık gelen tablo değeri (3,098) ile karşılaştırılmıştır. Çizelge 5.2’de koyu olarak gösterilen durumlarda elde edilen değerlerin 3,098’den büyük ya da -3,098’den küçük olması nedeniyle H_0 reddedilmiş ve ilgili kriterler arasında anlamlı bir ilişki olduğu, diğer durumlarda ise korelasyonun anlamlı olmadığı kabul edilmiştir. Çoğu durumda H_0 hipotezinin reddedilmiş olması, ilgili kriterler arasında ilişki olmadığını göstermektedir.

Sonuç olarak; bankaların şubeleri için en uygun yerin tespit edilmesi için önerilen metodolojinin tek dönemli uygulanması esnasında kullanılacak kriterler Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 : Tek dönemli planlama için uygulamada kullanılacak kriterler.

Çok dönemli planlama sırasında işlem hacminin hesaplanması ile ilgili kriterler açısından karşılaşılan durumlar şu şekildedir:

- ✓ Planlamanın gerçekleştirileceği dönem için Şekil 5.1’de gösterilen kriterler arasındaki “büyüme potansiyeli” haricindeki tüm kriterlerin aynen kullanılmasına karar verilmiştir.
- ✓ İşlem hacminin sonraki dönemlerdeki değerlerinin hesaplanması için ihtiyaç duyulan kriterlerin geçmiş dönemlerdeki verileri, sadece “toplam nüfus” için elde edilmiştir. Böylece her şube tipi için “toplam nüfusun” gelişimine bağlı olarak elde edilecek oran yardımıyla aday noktaların yeni dönemlerdeki işlem hacminin hesaplanmasına karar verilmiştir. Tek dönemli planlama örneğinde olduğu gibi aday noktaların son 4 yıllık toplam nüfusunda eğilim olması nedeniyle, tahminleme amacıyla kullanılacak en uygun yöntem Bölüm 2.8’de anlatılan “Regresyon Analizidir”. Bu durumda aday noktaların son 4 yıldaki toplam nüfusunun bağımlı, dönem sayısının (önceki 3 yıl ile mevcut dönem) bağımsız değişken olduğu düşüncesiyle Regresyon Analizi kullanılarak aday noktaların yeni dönemdeki (önümüzdeki 3 yıla ait) nüfusunun tahmin edilmesine ve her yeni dönem nüfusunun mevcut dönem nüfusuna oranından yola çıkarak hesaplanan büyüme potansiyelinin (çarpım şeklinde) işlem hacmine

yansıtılmasına karar verilmiştir. Örneğin; son 4 yılın nüfusları geçmişten günümüze sırasıyla 1.392, 1.405, 1.353 ve 1.456 olan aday noktasının Regresyon Analizi ile yeni dönem nüfusları 1.452, 1.469 ve 1.486 olarak hesaplanmaktadır. Böylece aday noktasının mevcut durumdaki işlem hacmi A ile gösterilirse, yeni dönemlerdeki işlem hacmi sırasıyla $(1.452 \times A) / 1.456$, $(1.469 \times A) / 1.456$ ve $(1.486 \times A) / 1.456$ olarak hesaplanacaktır.

- ✓ Uygulama esnasında matematiksel modelde kullanılacak olan Şekil 5.1’de gösterilen kriterlere ait veriler, Bölüm 4.3’te gösterildiği şekilde hiyerarşik yapıya uygun olarak hesaplanacaktır.

5.2. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Bağımlı değişken olan işlem hacmi ve alt kriterler arasındaki ilişkiye bağlı olarak Bölüm 4.2’de önerilen Çoklu Regresyon Analizi, 0-1 arasındaki rassal veriler kullanılarak doğrulanmış olup bireysel şubeler için elde edilen regresyon katsayıları (5.1) eşitliğinde gösterilmiştir:

$$\begin{aligned} \text{İşlem hacmi}_{k(\text{bireysel})} = & 0,18 + 0,06 * \text{Gündüz Nüfusu}_k + 0,24 * \text{Eğitim Düzeyi}_k + 0,19 * \text{Konut} \\ & \text{Sayısı}_k + 0,67 * \text{Yazlık Sayısı}_k + 0,02 * \text{Eğitim Yeri}_k + 0,15 * \text{Park}_k + 0,22 * \text{Hastane}_k + \\ & 0,09 * \text{Eğlence Yeri}_k + 0,01 * \text{İş Yeri}_k + 0,35 * \text{Alışveriş Yapılan Yer}_k + 0,13 * \text{Otopark}_k \\ & - 0,72 * \text{Finansal İşletme}_k + 0,20 * \text{Restoran}_k + 0,09 * \text{Oto Servis}_k + 0,32 * \text{Büyüme} \\ & \text{Potansiyeli}_k + 0,06 * \text{Rakip Banka Şube Sayısı}_k + 0,14 * \text{Durak Sayısı} + 0,03 * \text{Sefer Sayısı} \\ & + 0,21 * \text{Ortalama Hane Geliri}_k \end{aligned} \quad (5.1)$$

Verilerin rassal olması nedeniyle kriterlerin işlem hacmi üzerindeki pozitif / negatif yönlü ilişkisi doğru analiz edilememiştir (Örn. finansal işletme sayısı arttıkça işlem hacminin artması nedeniyle uygulama esnasında söz konusu değişkenin katsayısının pozitif, rakip banka şube sayısı arttıkça işlem hacminin azalması nedeniyle negatif olması beklenmektedir).

Öte yandan Çoklu Regresyon Analizinin gerçek hayatta uygulanabilmesi ve bağımsız değişkenlerin ağırlığının tespit edilmesi için bağımlı değişken olan işlem hacmi ile ilgili gerçek verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak bankacılık sektöründe verilerin gizliliğinin büyük önem arz etmesi dolayısıyla uygulama anında bu bilgiye erişilmesi mümkün

olmamaktadır. Ayrıca bahsedilen Regresyon Analizi yönteminde, “gözlem sayısının”, uygulama bankasının şube sayısından yararlanarak tespit edilmesi nedeniyle farklı tiplerin her biri için çok sayıda şubesi olmayan bir banka adına yöntemin başarılı sonuç vermeyeceği aşikârdır (Örn. uygulama bankasının İstanbul’da 3 adet kurumsal şubesi bulunmaktadır). Bu nedenle, kriter ve alt kriterlerin ağırlığının en doğru şekilde tespit edilmesi için problem yapısına uygun olarak İkili Karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır. Uygulanan anket kapsamında, bireysel şubeler için kullanılan karşılaştırma matrislerinin örneği Ek A’da gösterilmiş, her karar vericiden ayrıca diğer 3 şube tipini de değerlendirmesi talep edilmiştir. Türkiye’de hizmet veren farklı bankalarda görev alan / almış 10 çalışanın yardımıyla gerçekleştirilen ikili karşılaştırma yönteminin, Tam ve Tummala (2001) tarafından önerildiği üzere geometrik ortalama kullanılarak elde edilen toplu sonuçları tek dönemli planlama için Çizelge 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7 ve 5.8’de verilmiştir. Ağırlıklandırma açısından çok dönemli planlamanın tek dönemli planlamadan tek farkı “büyüme potansiyeli” kriterinin kullanılmaması olduğu için diğer tablolardaki değerler aynen geçerli olmak üzere Çizelge 5.4’ün çok dönemli planlama için karşılığı Çizelge 5.9’de gösterilmiştir. Ayrıca, tek dönemli planlama için kişi bazlı değerlendirme sonuçları Ek B’de verilmiş olup bu değerlendirmenin çok dönemli planlamayı kapsamaması nedeniyle çok dönemli ağırlıklandırma için ayrıca bireysel değerlendirme sonuçlarının paylaşılmasına ihtiyaç duyulmamıştır.

Çizelge 5.3 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli).

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,51	0,56	0,51	0,52
Şubeler arası mesafe	0,32	0,27	0,30	0,30
Şube açma maliyeti	0,10	0,09	0,12	0,12
Şube kapama maliyeti	0,07	0,08	0,07	0,06

Çizelge 5.4 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli).

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,24	0,14	0,07	0,05
Sosyoekonomik statü	0,06	0,06	0,06	0,07
Sosyal potansiyel	0,08	0,08	0,07	0,06
Ticari potansiyel	0,16	0,18	0,39	0,44
Rekabet	0,12	0,14	0,12	0,10
Finansal durum	0,16	0,22	0,18	0,15
Ulaşım kolaylığı	0,10	0,09	0,05	0,05
Büyüme potansiyeli	0,08	0,09	0,06	0,08

Çizelge 5.5 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli).

Potansiyel Müşteri - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,45	0,36	0,15	0,12
İş yeri	0,24	0,29	0,33	0,42
Finansal işletme	0,19	0,23	0,36	0,35
Eğitim yeri	0,07	0,07	0,09	0,08
Hastane	0,05	0,05	0,07	0,03

Çizelge 5.6 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli).

Sosyoekonomik Statü - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,68	0,71	0,68	0,62
Yazlık sayısı	0,32	0,29	0,32	0,38

Çizelge 5.7 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli).

Sosyal Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,47	0,51	0,33	0,30
Hastane	0,38	0,31	0,39	0,38
Eğlence yeri	0,15	0,18	0,28	0,32

Çizelge 5.8 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli).

Ticari Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,35	0,37	0,41	0,41
Alışveriş yapılan yer	0,25	0,17	0,16	0,11
Oto park	0,08	0,06	0,06	0,05
Finansal işletme	0,27	0,34	0,33	0,39
Oto servis	0,05	0,06	0,04	0,04

Çizelge 5.9 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli).

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,26	0,16	0,07	0,06
Sosyoekonomik statü	0,07	0,08	0,06	0,08
Sosyal potansiyel	0,09	0,09	0,08	0,07
Ticari potansiyel	0,17	0,20	0,42	0,48
Rekabet	0,14	0,16	0,12	0,10
Finansal durum	0,18	0,23	0,19	0,16
Ulaşım kolaylığı	0,09	0,08	0,06	0,05

Çizelge 5.3’de görüldüğü üzere işlem hacmi, her tipteki banka şubeleri için en uygun yerin belirlenmesi konusunda en büyük öneme sahip ana kriterdir. Tek ve çok dönemli planlama için sırasıyla Çizelge 5.4 ve 5.9’de özetlenen sonuçlara göre, bireysel şubelerin işlem hacmini etkileyen en önemli kriter potansiyel müşteri sayısı, girişimci şubeler için finansal durum, ticari ve kurumsal şubeler için ise ticari potansiyeldir. Çizelge 5.5’e göre potansiyel müşteri sayısı açısından bireysel ve girişimci şubeler için en önemli kriter toplam nüfus, ticari şubeler için finansal işletme ve kurumsal şubeler için ise iş yeri sayısıdır. Çizelge 5.6’da özetlenen sonuçlara göre sosyoekonomik statü açısından tüm şube tipleri için eğitim düzeyi en yüksek ağırlıklı kriterdir. Çizelge 5.7’ye göre aday noktalardaki eğitim yeri sayısı; bireysel ve girişimci şubelerin, hastane sayısı ise ticari ve kurumsal şubelerin sosyal potansiyelini etkileyen en önemli kriterdir. Çizelge 5.8’de ticari potansiyel açısından tüm şube tipleri için aday noktalardaki iş yeri sayısının en öncelikli kriter olduğu görülmektedir. Çizelge 5.10 ve 5.11’de, tek ve çok dönemli planlama için işlem hacmini etkileyen kriterlerin nihai ağırlığı gösterilmektedir.

Çizelge 5.10 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin nihai ağırlığı (tek dönemli).

Kriter	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,11	0,05	0,01	0,01
Eğitim düzeyi	0,04	0,05	0,04	0,04
Yazlık sayısı	0,02	0,02	0,02	0,03
Eğitim yeri	0,05	0,05	0,03	0,02
Hastane	0,04	0,04	0,03	0,03
Eğlence yeri	0,01	0,01	0,02	0,02
İş yeri	0,11	0,11	0,18	0,21
Alışveriş yapılan yer	0,04	0,03	0,06	0,05
Oto park	0,01	0,01	0,02	0,02
Finansal işletme	0,09	0,09	0,15	0,19
Oto servis	0,01	0,01	0,02	0,02
Rakip banka şube sayısı	0,12	0,14	0,12	0,10
Ortalama hane geliri	0,16	0,22	0,18	0,15
Ulaşım kolaylığı	0,10	0,08	0,05	0,05
Büyüme potansiyeli	0,09	0,09	0,07	0,06

Çizelge 5.11 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin nihai ağırlığı (çok dönemli).

Kriter	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,12	0,06	0,01	0,01
Eğitim düzeyi	0,05	0,05	0,04	0,05
Yazlık sayısı	0,02	0,02	0,02	0,03
Eğitim yeri	0,06	0,06	0,03	0,03
Hastane	0,05	0,04	0,03	0,03
Eğlence yeri	0,01	0,02	0,02	0,02
İş yeri	0,12	0,12	0,19	0,22
Alışveriş yapılan yer	0,04	0,03	0,07	0,05
Oto park	0,01	0,01	0,03	0,02
Finansal işletme	0,09	0,10	0,16	0,21
Oto servis	0,01	0,01	0,02	0,02
Rakip banka şube sayısı	0,14	0,16	0,12	0,10
Ortalama hane geliri	0,18	0,23	0,19	0,16
Ulaşım kolaylığı	0,10	0,09	0,07	0,05

İkili karşılaştırma sonucunda elde edilen ağırlık değerlerinin tutarlılığının ölçülmesi için, detayları AHP yönteminde tarif edilen tutarlılık analizi gerçekleştirilmiş ve sonuçları Çizelge 5.12’de özetlenmiştir. Her ağırlıklandırma için Tüm *CR* değerlerinin 0,10’den küçük olması, karar vericilerin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.12 : İkili karşılaştırmanın tutarlılık analizi.

Ağırlıklandırılan Kriter	N	RI	CI	CR
Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)	4	0,9	0,07	0,08
İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)	8	1,41	0,13	0,09
Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)	5	1,12	0,06	0,05
Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)	2	0	0,18	-
Sosyal potansiyeli etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)	3	0,58	0,03	0,05
Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)	5	1,12	0,06	0,05
İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)	7	1,32	0,12	0,09

Çizelge 5.3'te özetlenen ağırlık değerlerine göre şubeler arası mesafe, amaç üzerindeki etkisi açısından işlem hacminden sonraki en öncelikli kriter olup bu durum bankaların, birbirine çok yakın aday noktalarda şube açmaktan olabildiğince kaçınmayı tercih ettiğinin bir göstergesidir. Aday noktalar arasındaki mesafenin karar verme modeli ile birlikte hesaba katılmasının mümkün olmaması nedeniyle banka şubeleri için en uygun yerleşim alanının seçimi probleminin çözümüne yönelik, çalışma kapsamında matematiksel model önerilmektedir.

5.3. Uygulanan Tek Dönemli Matematiksel Model

Bölüm 4.3'te önerilen matematiksel modelin gerçek hayat uygulaması sırasında, açılacak toplam şube sayısına dair kısıtın gerçekçi olması amacıyla her şube tipi için ayrı ele alınmasına karar verilmiştir. Ayrıca şubeler arası mesafe, açma ve kapama maliyetlerinin etkisi ile üst sınırdan daha az sayıda şube açılmasını engellemek için \leq şeklinde olan Kısıt (4.7), eşitlik olarak değiştirilmiştir. Bu amaçla uygulama sırasında Kısıt (4.7), $(P_j, \text{ her } j \text{ tipi şube için açık en fazla şube sayısını göstermek kaydıyla})$ $\sum_{i \in I} x_{ij} = P_j$ olarak kullanılmıştır. Böylece tek dönemli matematiksel modelin j cinsinden ayrıştırılabileceği ("decompose") kolaylıkla görülmektedir. Ancak j cinsinden bölünebilmesine rağmen model, EBKM'ye indirgenmekte ve karmaşık niteliktedir. Öte yandan modelin optimal ya da belli bir süre içindeki en iyi tam sayı çözümünü bulmak amacıyla kullanılan CPLEX 12.2, modelin ayrıştırılabildiğini göz önünde bulundurmaktadır.

5.3.1. Tek dönemli matematiksel modelin bir Türk bankası için doğrulanması

Bölüm 5.1’de tespit edilen kriterler ile Bölüm 5.2’de elde edilen ağırlık bilgisi kullanılarak, Bölüm 5.3’te tarif edilen matematiksel modelin Türkiye’de hizmet veren bir bankanın İstanbul ili Beşiktaş ilçesinde şube yeri belirleme problemi üzerinde uygulanarak doğrulanması hedeflenmektedir. İlçe, cadde ve sokak bazında gerçekçi bir planlama yapılmasının mümkün olmaması nedeniyle, mahallelerin şube yeri seçimi için potansiyel nokta olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Beşiktaş’ta 23 adet potansiyel banka şubesi (mahalle) bulunmaktadır. Uygulama bankasının mevcut durumda Beşiktaş’ta 9 bireysel, 1 ticari şubesi hizmet vermekte olup Konaklar mahallesindeki ticari şubenin son 3 yıl içinde açılmış olması nedeniyle kapatılmasına izin verilememektedir. Bankanın şube ağından sorumlu üst yönetimi en uygun kararı vererek, Beşiktaş ilçesinde yeni bir kurumsal şube açma ve mevcut 9 bireysel şubenin toplam net kazancını tespit ederek açık bırakma / kapamayı planlamaktadır. Uzman görüşü ve Beşiktaş’taki mahallelerin yapısına bağlı olarak S değeri 1.000 metre olarak belirlenmiştir. Bölüm 5.2’de elde edilen ve Çizelge 5.3’te özetlenen ağırlık değerlerine göre bireysel, girişimci, ticari ve kurumsal şubeler için işlem hacmini gösteren amaç fonksiyonundaki katsayılar sırasıyla $c_{11}=0,51$, $c_{12}=0,56$, $c_{13}=0,51$, $c_{14}=0,52$; tiplerine göre şubeler arası mesafe katsayıları $c_{21}=0,32$, $c_{22}=0,27$, $c_{23}=0,30$, $c_{24}=0,30$; açma maliyeti katsayıları $c_{31}=0,10$, $c_{32}=0,09$, $c_{33}=0,12$, $c_{34}=0,12$ ve kapama maliyeti katsayıları ise $c_{41}=0,07$, $c_{42}=0,08$, $c_{43}=0,07$, $c_{44}=0,06$ olarak kullanılmış olup CPLEX 12.2 ile 14 saniye içinde çözülen matematiksel modelin sonuçları Çizelge 5.13’te özetlenmiştir.

Çizelge 5.13 : Bir bankanın Beşiktaş için uygulama sonuçları (tek dönemli).

Beşiktaş İlçesindeki Mahalleler	Mevcut Durumdaki Şube Yeri	Modelin Çözümü
Abbasağa		
Akat		
Arnavutköy	Bireysel	Bireysel
Balmumcu		
Bebek	Bireysel	Bireysel
Cihannüma		
Dikilitaş	Bireysel	Bireysel
Etiler	Bireysel	Bireysel ve <i>Kurumsal*</i>
Gayrettepe		
Konaklar	Bireysel ve Ticari	Bireysel ve Ticari
Kuruçeşme		
Kültür		
Levazım		
Levent	Bireysel	Bireysel
Mecidiye		
Muradiye		
Nispetiye		
Ortaköy	Bireysel	Bireysel
Sinanpaşa	Bireysel	Bireysel
Türkali		
Ulus	Bireysel	Bireysel
Vişnezade		
Yıldız		

Çizelge 5.13'te özetlenen matematiksel modelin sonuçlarına göre, son 3 yılda açılmamış olmasına rağmen mevcut durumda hizmet veren hiçbir bireysel şube kapatılmamakta, yeni açılması planlanan kurumsal şube için en uygun yer olarak Etiler* mahallesi seçilmektedir. Bu durum, uygulama bankasının Beşiktaş'taki bireysel şubelerinin önerilen modele göre zaten uygun alanlarda konumlandırıldığını göstermektedir. Matematiksel model detaylandırılırken bahsedildiği üzere, aynı aday noktada aynı tip şubeden birden fazla sayıda açılmaması ancak farklı tipte şubelerden birden fazla açılabilmesi durumu bu örnek sayesinde doğrulanmaktadır.

Bölüm 5.2'de verilen ağırlık değerlerine göre, banka şubeleri için en uygun yerin belirlenmesi probleminde şube tipinden bağımsız olarak işlem hacmi, en büyük öneme sahip kriterdir. Beşiktaş'taki mevcut durumda açık şubelerin toplam normalize işlem

hacmi 7,86 iken Etiler mahallesinde yeni bir kurumsal şubenin açılması ile bu değer 8,68 seviyesine ulaşmakta, böylece sadece bir adet yeni şube açılışı ile toplam işlem hacmi %10,43 oranında iyileşmektedir. Öte yandan amaç fonksiyonu (Z) açısından, mevcut duruma (4,01) kıyasla önerilen modelin sonucuna (4,32) göre uygulama bankasının Beşiktaş ilçesindeki şubelerinin toplam net kazancı %7,73 oranında artmaktadır.

5.3.2. Tek dönemli planlama için duyarlılık analizi

Banka şubeleri için yerleşim yerinin belirlenmesi konusunda kriterlerin ağırlığının sonuca etkisinin incelenmesi amacıyla en düşük ve en yüksek öneme sahip kriterlerin incelenmesine karar verilmiştir.

Öncelikle Çizelge 5.3'te yer alan ana kriterler arasındaki en yüksek öneme sahip iki ana kriterin (işlem hacmi ve şubeler arası mesafe) ağırlığının değişiminin çözüme etkisinin incelenmesi planlanmıştır. Bu amaçla söz konusu kriterlerin ağırlığı ayrı ayrı %10 ve %20 oranında arttırılıp azaltılarak (söz konusu kriterin ağırlığının ağırlıkları oranında diğer kriterlere paylaştırılarak) elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir. Bireysel şubeler için 0,51 ve kurumsal şubeler için 0,52 olan işlem hacminin ağırlığının %10 ve %20 oranında arttırılması ve %10 oranında azaltılması durumunda şubelerin yerlerinin değişmediği görülmüştür. Öte yandan işlem hacminin ağırlığının %20 azaltılması halinde şubeler arası mesafe kriterinin önemindeki artış dolayısıyla, Arnavutköy'deki bireysel şubenin kapatılıp yerine Levazım mahallesinde bir bireysel şube açıldığı görülmüştür. Ayrıca şubeler arası mesafe kriterinin ağırlığının %10 ve %20 oranında azaltılması ve %10 oranında arttırılması halinde sonucun değişmediği, %20 oranında arttırılması durumunda, işlem hacminin ağırlığının %20 oranında azaltılması ile aynı şekilde Arnavutköy yerine Levazım mahallesinde bireysel şube açıldığı görülmüştür. İşlem hacmi ve şubeler arası mesafe ağırlıklarının değiştirildiği her durumda kurumsal şubenin açıldığı mahallenin değişmediği tespit edilmiştir. Duyarlılık analizinin ikinci örneği olarak; Çizelge 5.4'te verilen işlem hacmini etkileyen kriterler arasındaki en yüksek değere sahip 3 alt kriterin ağırlığının ayrı ayrı %10 ve %20 oranında arttırılıp azaltılarak (söz konusu kriterin ağırlığının ağırlıkları oranında diğer kriterlere paylaştırılarak) değişen durumun analiz edilmesi hedeflenmiştir. Bu durumda ana kriter olan işlem hacminin ağırlığı aynı kalmak koşuluyla, bireysel şubelerin işlem hacmi

açısından en önemli kriterler olan potansiyel müşteri sayısı (0,24), ticari potansiyel (0,16) ve finansal durum (0,16) ile kurumsal şubelerin işlem hacmi açısından en önemli kriterler olan ticari potansiyel (0,44), rekabet (0,10) ve finansal durumun (0,15) ayrı ayrı %10 ve %20 oranında arttırılıp azaltılması durumunda sonucun değişmediği görülmüştür. Böylece en önemli kriterler açısından, girdi verilerindeki olası değişikliklerin çözümü büyük oranda etkilememesi sayesinde yöntemin gürbüz (“robust”) olduğu görülmüştür.

Duyarlılık analizinin üçüncü örneği olarak; Çizelge 5.10’da verilen işlem hacmini etkileyen kriterler arasındaki en düşük değere sahip 3 alt kriterin elenip bu kriterlerin ağırlığının (ağırlıkları oranında) diğer kriterlere paylaştırılarak durumun analiz edilmesi hedeflenmiştir. Bireysel şubeler için işlem hacmi üzerinde en düşük (0,01) ağırlığa sahip olan “eğlence yeri”, “oto park” ve “oto servis” kriterlerinin elenmesi halinde Beşiktaş’taki en iyi yerleşim yerlerinin değişmediği yani mevcut çözümün bu durumdan etkilenmediği gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, yeni açılması planlanan kurumsal şube için en düşük (0,01) öneme sahip “toplam nüfus” ile 0,02 ağırlığındaki “eğlence yeri”, “oto park” ve “oto servis” kriterlerinin elenmesi halinde çözümün değişmediği (Etiler mahallesinde kurumsal şubenin açıldığı) görülmüştür. Kurumsal şubeler için düşük öneme sahip “toplam nüfus” kriterinin bireysel şubeler için çok önemli (0,11) olması nedeniyle tamamen göz ardı edilmesi doğru değilken; bireysel ve kurumsal şubelerin yanı sıra girişimci ve ticari şubeler için de düşük (0,01 ya da 0,02) öneme sahip “eğlence yeri”, “oto park” ve “oto servis” kriterlerinin sonuç üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı, böylelikle adı geçen verilerin bulunamaması halinde kapsamdan çıkarılabileceği anlaşılmıştır.

En yüksek ve düşük önem düzeyine sahip kriterler üzerinden Beşiktaş’taki tek dönemli planlama için yapılan duyarlılık analizinin sonuçları Çizelge 5.14’te özetlenmiştir.

Çizelge 5.14 : Beşiktaş'taki tek dönemli planlamanın duyarlılık analizi.

	Değişim Oranı	Değişiklik
Orijinal Çözüm	-	Etiler'de kurumsal şube aç.
	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
İşlem hacmi	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Arnavutköy'deki bireysel şubeyi kapat, yerine Levazım mahallesinde bir bireysel şube aç.
Şubeler arası mesafe	+20%	Arnavutköy'deki bireysel şubeyi kapat, yerine Levazım mahallesinde bir bireysel şube aç.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Potansiyel müşteri sayısı	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Ticari potansiyel	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Finansal durum	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Rekabet	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Eğlence yeri	-100%	Orijinal çözüm ile aynı.
Otopark	-100%	Orijinal çözüm ile aynı.
Oto servis	-100%	Orijinal çözüm ile aynı.
Toplam nüfus	-100%	Orijinal çözüm ile aynı.

5.4. Uygulanan Çok Dönemli Matematiksel Model

Bölüm 4.6'da önerilen çok matematiksel modelin gerçek hayat uygulaması sırasında, açılabilir toplam şube sayısına dair kısıtın gerçekçi olması amacıyla her dönem ve şube tipi için ayrı ele alınmasına karar verilmiştir. Ayrıca şubeler arası mesafe, açma ve kapama maliyetlerinin etkisi ile üst sınırdan daha az sayıda şube açılmasını engellemek için \leq şeklinde olan Kısıt (4.12), eşitlik olarak değiştirilmiştir. Bu amaçla uygulama sırasında Kısıt (4.12), $(P_{tj}$, her t döneminde j tipi şube için açık en fazla şube sayısını göstermek kaydıyla) $\sum_{i \in I} x_{tij} = P_{tj}$ olarak kullanılmıştır. Böylece tek dönemli modelde

olduğu gibi çok dönemli matematiksel modelin de j cinsinden ayrıştırılabileceği kolaylıkla görülmektedir. Ancak j cinsinden bölünebilmesine rağmen model, EBKM'ye indirgenmekte ve karmaşık niteliktedir. Öte yandan uygulama sırasında $T = 4$ olarak ele alınacak, böylece 4 yıllık planlama yapılacaktır.

5.4.1. Çok dönemli matematiksel modelin bir Türk bankası için doğrulanması

Tek dönemli model için gerçekleştirildiği üzere, önerilen çok matematiksel modelin de uygulama bankasının Beşiktaş'taki şube yerleşimi üzerinde doğrulanması hedeflenmektedir. Tek dönemli planlamada olduğu gibi çok dönemli planlama da mahalle bazlı gerçekleştirilecektir. Tek dönemli modelin doğrulanması sırasında bahsedildiği üzere mevcut durumda 9 bireysel ve 1 ticari şubenin bulunduğu Beşiktaş ilçesinde; yeni açılan her şubenin en az 3 yıl hizmet vermesi koşuluna göre açılış tarihi itibariyle Konaklar mahallesindeki ticari şube 1. dönem kapatılamazken, sonraki dönemlerde kapatılabilecektir. Banka yönetiminden alınan bilgiye göre 1. dönem bir kurumsal şube, 2. ve 3. dönem birer bireysel şube ve 4. dönem bir girişimci şube açılması, böylece 4. dönemin sonunda 11 bireysel, birer adet girişimci, ticari ve kurumsal şubenin hizmet vermesi planlanmaktadır. Tek dönemli matematiksel modeldeki S ve amaç fonksiyon katsayıları (ana kriter ağırlıkları) kullanılarak CPLEX 12.2 yardımıyla 23 saniye içinde 18,70 değerinde amaç fonksiyonu elde edilerek çözülen matematiksel modelin sonuçları izelge 5.15'te özetlenmiştir.

Çizelge 5.15 : Bir bankanın Beşiktaş için uygulama sonuçları (çok dönemli).

Beşiktaş İlçesindeki Mahalleler	Mevcut Durum	1.Dönem Çözümü	2. Dönem Çözümü	3. Dönem Çözümü	4. Dönem Çözümü
Abbasağa Akat		<i>Bireysel</i>	Bireysel	Bireysel	Bireysel
Arnavutköy Balmumcu	Bireysel	Bireysel	Bireysel	Bireysel	Bireysel
Bebek	Bireysel	<i>Bireysel ve Kurumsal</i>	<i>Bireysel, Ticari ve Kurumsal</i>	<i>Bireysel, Ticari ve Kurumsal</i>	<i>Bireysel, Girişimci, Ticari ve Kurumsal</i>
Cihannüma					
Dikilitaş	Bireysel	Bireysel	Bireysel	Bireysel	Bireysel
Etiler	Bireysel	Bireysel	Bireysel	Bireysel	Bireysel
Gayrettepe				<i>Bireysel</i>	Bireysel
Konaklar	Bireysel ve Ticari	<i>Bireysel ve Ticari</i>	Bireysel	Bireysel	Bireysel
Kuruçeşme					
Kültür					
Levazım			<i>Bireysel</i>	Bireysel	Bireysel
Levent	Bireysel	Bireysel	Bireysel	Bireysel	Bireysel
Mecidiye					
Muradiye					
Nispetiye		<i>Bireysel</i>	Bireysel	Bireysel	Bireysel
Ortaköy	Bireysel				
Sinanpaşa	Bireysel				
Türkali					
Ulus	Bireysel	Bireysel	Bireysel	Bireysel	Bireysel
Vişnezade					
Yıldız					

Çizelge 5.15'te özetlenen sonuçlara göre 1. dönem, Ortaköy ve Sinanpaşa'daki bireysel şubeler kapatılmakta, bunların yerine Akat ve Nispetiye'de yeni bireysel şubeler açılmakta, ayrıca yeni açılması planlanan kurumsal şube için en uygun yer olarak Bebek mahallesi seçilmektedir. 2. dönem açılması planlanan yeni bireysel şube için Levazım seçilmekte, en az 3 yıl hizmet vermiş olma koşulunu sağlayan Konaklar'daki ticari şube kapatılarak Bebek'te ticari şube açılmaktadır. 3. dönem, Gayrettepe'de bir bireysel, 4. dönem Bebek'te bir girişimci şube açılmaktadır. Böylece çok dönemli matematiksel modelin yapısına uygun olarak, aynı aday noktada aynı tipte en fazla bir adet şubenin hizmet sunmasına izin verildiği ve mevcut durum dâhil olmak üzere açık / yeni açılmış her şubenin en az 3 yıl hizmet vermesi koşulunun sağlandığı görülmektedir.

Öte yandan, açılacak şube sayısı aynı olmasına rağmen tek dönemli matematiksel modelin çözümü ile çok dönemli matematiksel modelin 1. dönem sonuçlarının farklı olduğu görülmektedir. Bu durum, çok dönemli modelde her dönemin toplam net

kazancının ayrı ayrı en iyilenmediği, 4 dönemin toplam net kazancının en iyilendiğinin göstergesidir. Ayrıca çok dönemli modelde “büyüme potansiyeli” kriterinin işlem hacmini etkilememesi, toplam nüfusun büyüme potansiyelinden yola çıkarak gelecekteki dönemler için işlem hacminin tahmin edilmesi dolayısıyla kullanılan verilerin ve ağırlık değerlerinin farklı olması, sonuçların farklılığının diğer nedenleridir.

5.4.2. Çok dönemli planlama için duyarlılık analizi

Bölüm 5.3.2’de tek dönemli planlama için tarif edildiği üzere çok dönemli planlama amacıyla da Beşiktaş ilçesi için bulunan sonuçların girdi parametrelerindeki olası değişikliklere karşı duyarlılığının ölçülmesi hedeflenmiştir. İşlem hacminin ağırlığının %10 ve %20 oranında arttırılması durumunda 4 dönem boyunca şubelerin yerlerinin değişmediği görülmüş, %10 azaltılması durumunda mevcut durumda Sinanpaşa’da hizmet veren şubenin kapatılmadığı ve Nispetiye’de yeni şube açılmadığı, %20 azaltılması halinde ise 1. dönem Arnavutköy’deki bireysel şubenin kapatılıp yerine Levazım’da şube açıldığı, ikinci dönem Gayrettepe’de, üçüncü dönemde ise Balmumcu’da yeni bireysel şubelerin açıldığı görülmüş, kurumsal ve girişimci şubelerin yerlerinde bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Şubeler arası mesafenin ağırlığının %10 ve %20 oranında azaltılması ve %10 oranında arttırılması durumunda sonucun değişmediği, %20 arttırılması halinde ise bireysel şubeler açısından işlem hacminin oranının %20 azaltıldığı durumdaki sonuçların aynısının elde edildiği, 4. dönemde açılan girişim şube için Bebek yerine Levent’in seçildiği görülmüştür. Sonuç olarak en yüksek ve düşük önem düzeyine sahip kriterler üzerinden Beşiktaş’taki çok dönemli planlama için yapılan duyarlılık analizinin sonuçları Çizelge 5.16’da özetlenmiştir.

Çizelge 5.16 : Beşiktaş'taki çok dönemli planlamanın duyarlılık analizi.

	Değişim Oranı	Değişiklik
Orijinal Çözüm	-	1. dönem Ortaköy ve Sinanpaşa'daki bireysel şubeleri kapa, Akat ve Nispetiye'de bireysel şube aç, Bebek'te kurumsal şube aç. 2. dönem Levazım'da bireysel şube aç, Konaklar'daki ticari şubeyi kapa, Bebek'te ticari şube aç. 3. dönem Gayrettepe'de bireysel şube aç. 4. dönem Bebek'te girişimci şube aç.
	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
İşlem hacmi	-10%	1. dönem Sinanpaşa'da hizmet veren bireysel şubeyi kapama ve Nispetiye'de bireysel şube açma.
	-20%	1. dönem Arnavutköy'deki bireysel şubeyi kapa, yerine Levazım'da bireysel şube aç, ikinci dönem Gayrettepe'de, üçüncü dönemde ise Balmumcu'da yeni bireysel şube aç.
Şubeler arası mesafe	+20%	1. dönem Arnavutköy'deki bireysel şubeyi kapa, yerine Levazım'da bireysel şube aç, ikinci dönem Gayrettepe'de, üçüncü dönemde ise Balmumcu'da yeni bireysel şube aç, 4. dönemde açılan girişim şube için Bebek yerine Levent'i seç.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Potansiyel müşteri sayısı	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Ticari potansiyel	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Finansal durum	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Rekabet	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Eğlence yeri	-100%	Orijinal çözüm ile aynı.
Otopark	-100%	Orijinal çözüm ile aynı.
Oto servis	-100%	Orijinal çözüm ile aynı.
Toplam nüfus	-100%	Orijinal çözüm ile aynı.

6. TEK DÖNEMLİ MATEMATİKSEL MODELİN ÇÖZÜMÜ

Bankalar, şube yerleşimi konusunda planlama işlemlerini çoğunlukla il bazında yapmakta, böylece potansiyel şube yeri sayısı ilin coğrafi özelliklerine göre değişmekle birlikte genelde yüksek olmaktadır. Potansiyel müşteri sayısı fazla olan İstanbul, Ankara, İzmir vb. büyük şehirler, bankaların şube sayılarını arttırmayı tercih ettikleri yerlerdir. Ancak şube açılışı için aday nokta sayısının fazla olduğu bu şehirlerde, Bölüm 4.5'te ifade edildiği üzere önerilen tek dönemli matematiksel model kullanılarak en iyi çözümün bulunması çok zordur. Bu nedenle, etkin çözüm bulunmasını sağlayacak uygun sezgisel ve meta sezgisel yöntemlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Youssef ve diğ. (2001) ile Arostegui ve diğ. (2006) yer seçimi problemleri için TA ile, benzetimli tavlama ve genetik algoritmaya kıyasla çözüm kalitesi açısından daha başarılı sonuçlar elde edildiğini deneysel olarak göstermiştir. Ayrıca, yer seçimi için Başar ve diğ., (2011) tarafından önerilen benzer matematiksel problemin çözümü için gerçekleştirilen deneysel çalışmada TA'nın çözüm kalitesi ve hızı açısından başarılı bir çözüm yöntemi olduğu gösterilmiştir. Bu sebeple, önerilen matematiksel model için, Bölüm 2.6.2.2.'de detayları verilen meta sezgisel yöntemlerin arasından en iyi sonuca TA ile ulaşılabileceği düşünülmektedir. Glover ve Laguna (1997) tarafından tarif edildiği üzere, TA'nın avantajları genel olarak şu şekilde özetlenebilir:

- ✓ Önceki çözümlerin bir süreliğine kabul edilmeyerek, araştırma yönünün denenmeyen alanlara yönlendirilmesi,
- ✓ Kötü sonuç veren bölgelerde fazla işlem yapılmaması (bu elemanların komşu sayılarının azaltılması) sayesinde istenen çözüme daha hızlı ulaşabilme,
- ✓ İyi sonuç veren çözümlerin bir sonraki iterasyonda komşu sayılarının arttırılması, böylece daha iyi sonuç elde etme,

- ✓ Daha önceden denenmiş (tabu listesindeki) komşular yerine başka komşular üretilerek araştırmanın hızlandırılması ve yerel optimum noktalarda ortaya çıkan kısır döngünün engellenmesi,
- ✓ Deterministik yapısı sayesinde, aynı parametreler ile aynı sonucu bulma.

Sonuç olarak, tek dönemli matematiksel modelin çözümü için TA yönteminin uygulanması önerilmektedir. Önceki bölümlerde bahsedildiği üzere TA, en iyi çözümü elde etmek için, hafıza özelliği sayesinde geçmiş çözümlerden kaçınarak yerel en iyi noktalardan kurtulup hareket ve komşuluk yapısı sayesinde çözüm uzayını araştıran meta sezgisel bir yöntemdir. NP-Zor problemlerin çözümünde başarılı sonuçlar vermesi sayesinde yazında TA'nın çok fazla örneklerine rastlanmaktadır. TA, son çözümü veren hareketin sonraki aşamada döngüye neden olmaması için yasaklanması, böylece yeni çözümlerin araştırılması prensibine dayanmaktadır. Genellikle her aşamada en iyi çözüm değerini veren hareketin kabul edildiği yöntemde, tabu listesi sayesinde önceden yapılmış belli sayıdaki hareketin tersine dönmesi önlenmektedir (Glover ve Laguna, 1992).

TA yönteminin en önemli parametrelerinden biri olan başlangıç çözümü, ele alınan problemin yapısına bağlı olarak rassal olarak ve/veya bir algoritma yardımıyla elde edilebilmektedir. Başlangıç çözümünün genelde olurlu yapıya sahip olması tercih edilirken, yazında gerek başlangıç çözümünde gerekirse komşu arama sırasında olurlu olmayan çözümlere de izin verildiği örnekler görülmektedir (Laguna ve diğ., 1995; Mazzola ve Schantz, 1997; Higgins, 2001). Tabu listesinde, her aşamada kabul edilen hareketler tutulmakta ve listenin boyutu kadar iterasyon süresince bu hareketlerin tersi engellenmektedir. Listeye ilk eklenen hareket ilk olarak listeden çıkmakta, böylece liste her iterasyonda güncellenmektedir. Tabu listesinin boyutu yani kabul edilen bir çözümün ne kadar süreyle yasaklı olarak kalacağı, çözüm kalitesi açısından önemli bir parametredir. Listenin boyutunun çok küçük olması sık sık yerel en iyi noktalarda komşuluk aranmasına, çok büyük olması ise hareketlerin çoğunun yasaklı olmasından dolayı iyi bir çözümün bulunamamasına neden olabilmektedir (Lokketangen, 1995). Böylece, problemin yapısına bağlı olarak tabu listesinin boyutu statik ya da dinamik olarak belirlenebilmektedir. Döngüyü önlemek için yeterli uzunlukta ve çözüm uzayını araştırmaya izin verecek kadar yeterli kısıklıkta olması beklenen en iyi tabu listesi

boyutunun genellikle deneysel olarak elde edilebilmesi önerilmektedir. Yazında dinamik olarak değişen tabu listesi boyutunun kullanıldığı çeşitli örnekler mevcuttur (Voss, 1996; Glover ve Laguna, 1997; Zhang ve diğ., 2003; Grabowski ve Wodecki, 2004). Örneğin Glover (1989), büyüklüğü belirtilmeyen çizelgeleme problemi için 5-12 arasında değişen; Knox ve Glover (1989) ise, N şehir sayısını göstermek koşuluyla, $N/5 - 3N$ büyüklüğünde gezgin satıcı problemi için $3N/2-3N$ boyutunda tabu listesinin kullanılmasını önermiştir. Öte yandan problemin boyutu ile orantılı olmak kaydıyla sabit tabu listesi büyüklüğünün kullanımı da yazında yaygındır (Glover, 1986; Malek ve diğ., 1989; Glover, 1989; Knox ve Glover, 1989).

TA'ya göre; önceden belirlenen sabit ya da değişken (mevcut en iyi çözüm) bir eşik değerine kıyasla elde edilen daha iyi bir çözüm tabu listesinde olmasına rağmen kabul edilebilmekte ya da olası tüm hareketlerin yasaklı olması halinde listeye en önce eklenmiş olan hareket kabul edilebilmekte, böylece tabu yıkılmaktadır. Genellikle belli bir iterasyon sayısı / süreye erişildiğinde ya da belli sayıda aşama boyunca en iyi çözüm değişmediğinde algoritma durdurulmaktadır.

6.1. Tek Dönemli Model İçin Başlangıç Çözümü Bulma Yöntemleri

TA'nın önemli parametrelerinden biri olan ve yöntemin uygulanması için ihtiyaç duyulan başlangıç çözümü, Bölüm 6'da bahsedildiği üzere rassal olarak ya da bir algoritma aracılığıyla belirlenebilmektedir. Problemin büyüklüğüne ve yapısına bağlı olarak farklı başlangıç çözümlerinin, sonuca etkisi değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında, banka şubelerinin en uygun yerleşim yerinin seçilmesi konusunda önerilen tek dönemli matematiksel model için uygulanacak TA'ya yönelik 3 farklı başlangıç çözümü önerilmektedir. Her şube tipi için açılacak en fazla sayıda şube kısıtının sağlanması ve son 3 yılda açılmış şubelerin başlangıç çözümünde yer alması sayesinde önerilen yöntemlerin tamamı olurludur.

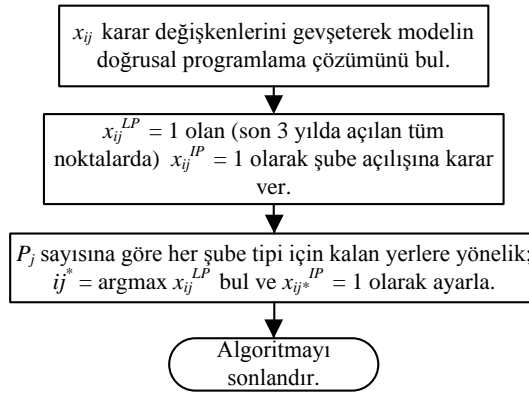
6.1.1. Tek dönemli model için rassal yöntem

Her şube tipi için son 3 yılda açılan yerler sabit tutulduktan sonra açılacak en fazla şube sayısına göre kalan sayıdaki yer için rassal olarak belirlenen noktalarda şube açılır.

Çözümün bir kurala göre belirlenmemesi nedeniyle, kalitesinin düşük olması beklenmektedir.

6.1.2. Tek dönemli model için doğrusal programlama gevşetme yöntemi

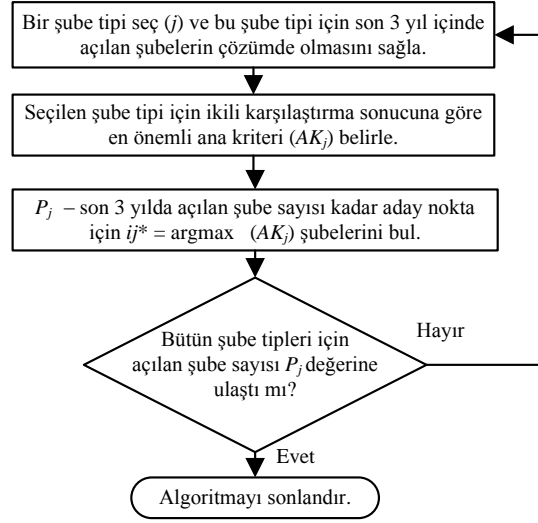
Önerilen tek dönemli matematiksel modelin NP–Zor olmasına, bu nedenle büyük boyutlu problemler için en iyi çözümünün bulunamamasına neden olan ikili x_{ij} karar değişkenleri sürekli hale getirilerek model gevşetilir ve çözülür. Her şube tipi için açılacak şube sayısı kadar en yüksek x_{ij} değerine sahip noktalarda şube açma kararı verilir. Matematiksel modelin mevcut kısıtları arasında son 3 yılda açılan yerlerin kapatılmaması koşulunun yer alması nedeniyle, gevşetilerek çözülen modelin sonucunda bu noktalara yönelik x_{ij} değişkeni “1” değerini alacağı için elde edilen çözüm olurludur. Yöntemin detayları Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1 : Tek dönemli model için doğrusal programlama gevşetme yöntemi.

6.1.3. Tek dönemli model için kriter bazlı yöntem

Her şube tipi için son 3 yılda açılan yerler sabit tutulur ve en yüksek önem düzeyine sahip ana kriter seçilir. Bölüm 5.2’ de sunulan ikili karşılaştırma sonuçlarına göre “işlem hacmi”, 4 şube tipi için en önemli kriterdir. Böylece her şube tipi için açılacak en fazla sayıda şube sayısı ile son 3 yıl içinde hizmet vermeye başladığı için açık tutulacak yer sayısı arasındaki fark kadar, işlem hacmi en yüksek olan yerlerde şube açılmasına karar verilir. Yöntemin detayları Şekil 6.2’de verilmiştir.



Şekil 6.2 : Tek dönemli model için kriter bazlı yöntem.

6.2. Tek Dönemli Model İçin Tabu Arama Yaklaşımı

Bölüm 6.1’de ifade edildiği üzere önerilen başlangıç çözümleri, açılabilir en fazla şube sayısı olan P_j ve son 3 yılda açılan şubelerin kapatılmaması açısından olurlu olup belli bir amaç fonksiyon değerine sahiptir. Başlangıç çözümleri kullanılarak uygulanacak TA’nın da her iterasyonda modelin olurluluk koşulunu sağlaması beklenmektedir.

Komşuluk yapısının nasıl belirleneceği; çözüm uzayındaki araştırma stratejisi, çözüm kalitesi ve süresini etkilemesi bakımından TA’nın en önemli parametrelerinden biridir. Tek dönemli matematiksel model için önerilen TA’nın komşuluk mekanizması, her iterasyonda olurluluk koşulunu bozmayacak bir şubenin kapatılarak yerine yeni bir şube açılması esasına dayanır. Böylece, tüm başlangıç çözümlerinde yer alan son 3 yılda açılan şubelerin TA’nın hiçbir aşamasında kapatılmaması önerilmekte, bu sayede üretilen her çözüm, olurlu yapıya sahip olmaktadır. Alternatif olarak uygulanabilecek, her iterasyonda n (>1) sayıda şubenin kapatılarak yerine n sayıda şubenin açılması durumunda ziyaret edilecek komşuluk sayısının problemin boyutuna bağlı olarak büyümesi nedeniyle çözüm süresinin fazlasıyla uzayacağı aşikârdır (Örneğin 200 potansiyel şube yeri olan problem için tek bir tip için 5 adet açık şube olması durumunda birer şubenin açılıp kapanmasına yönelik önerilen yapıda her iterasyonda $195 \cdot 5$ adet,

ikişer şubenin açılıp kapanması halinde $C(195, 2) * C(5, 2)$ kadar komşuluk üretilecektir). Öte yandan Başar ve diğ. (2011) tarafından, benzer bir problem için her iterasyonda birer adet noktanın açılıp kapanması durumunda ikişer – üçer adet noktanın açılıp kapanmasına nazaran çözüm kalitesi açısından daha iyi sonuç bulunduğu deneysel olarak gösterilmiştir. Her j tipi için P_j adet şubenin açılması nedeniyle, tüm şubelerin kapanması vb. şekilde dejenere durumlar ile karşılaşılması söz konusu değildir. Böylece her şube tipi için başlangıç çözümünde yer alan P_j adet açık şube arasından 3 yıldan fazla hizmet verenler ile tüm kapalı şubeler arasında komşuluk çiftleri oluşturulacaktır.

Önerilen TA'nın her iterasyonunda; her şube tipi için son 3 yılda açılmamış bir şubenin kapatılarak yerine başka bir şubenin açılması halinde amaç fonksiyon değerinde en büyük değişim sağlayacak aday nokta çifti bulunur. Başar ve diğ. (2011) tarafından benzer problem çözülürken her şube tipi için tabu listelerinin açılan ve kapanan yerlere yönelik ayrı (4 farklı şube tipi için toplam 8 adet) tabu listesi tutulması durumunda daha iyi sonuç elde edildiği deneysel olarak gösterilmiştir. Şöyle ki bir şube tipi için açılan – kapanan yerlerin aynı listede (örn. [1 5] olarak) tutulması halinde sadece bu işlemin tam tersi ([5 1]), ayrı tutulması halinde ise birbirinden bağımsız olarak açılan bir şubenin tabu listesi uzunluğu kadar iterasyon boyunca kapanması (örn. [1]) ya da kapanan bir şubenin tekrar açılması (örn. [5]) yasaklanmaktadır. Ancak şube açılış kararı verilirken, açılacak en büyük şube sayısının tabu listesi uzunluğundan daha küçük olması durumunda (özellikle kurumsal ve ticari şubeler için) sorun yaşanacağı aşikârdır (Örneğin, en fazla 1 adet kurumsal şubenin açılacağı bir problemde, ilk iterasyonda açılıp kapanacak en iyi şube çifti belirlendikten sonra, tabu listesinde olduğu müddetçe yeni açılan şube kapatılmayacağı için sonraki iterasyonlara geçilemeyecektir). Bu nedenle, şube açma kapama problemi için her tipe özgü tabu listelerinde açılan kapanan şube çiftlerinin birlikte tutulması önerilmektedir (Örn. 3. noktanın kapatılıp 8. noktanın açılması durumunda, sonraki iterasyonlarda tam tersi olan 8. noktanın kapatılıp yerine 3. noktanın açılmasının yasaklanması için [8 3]'ün tabu listesine eklenmesi).

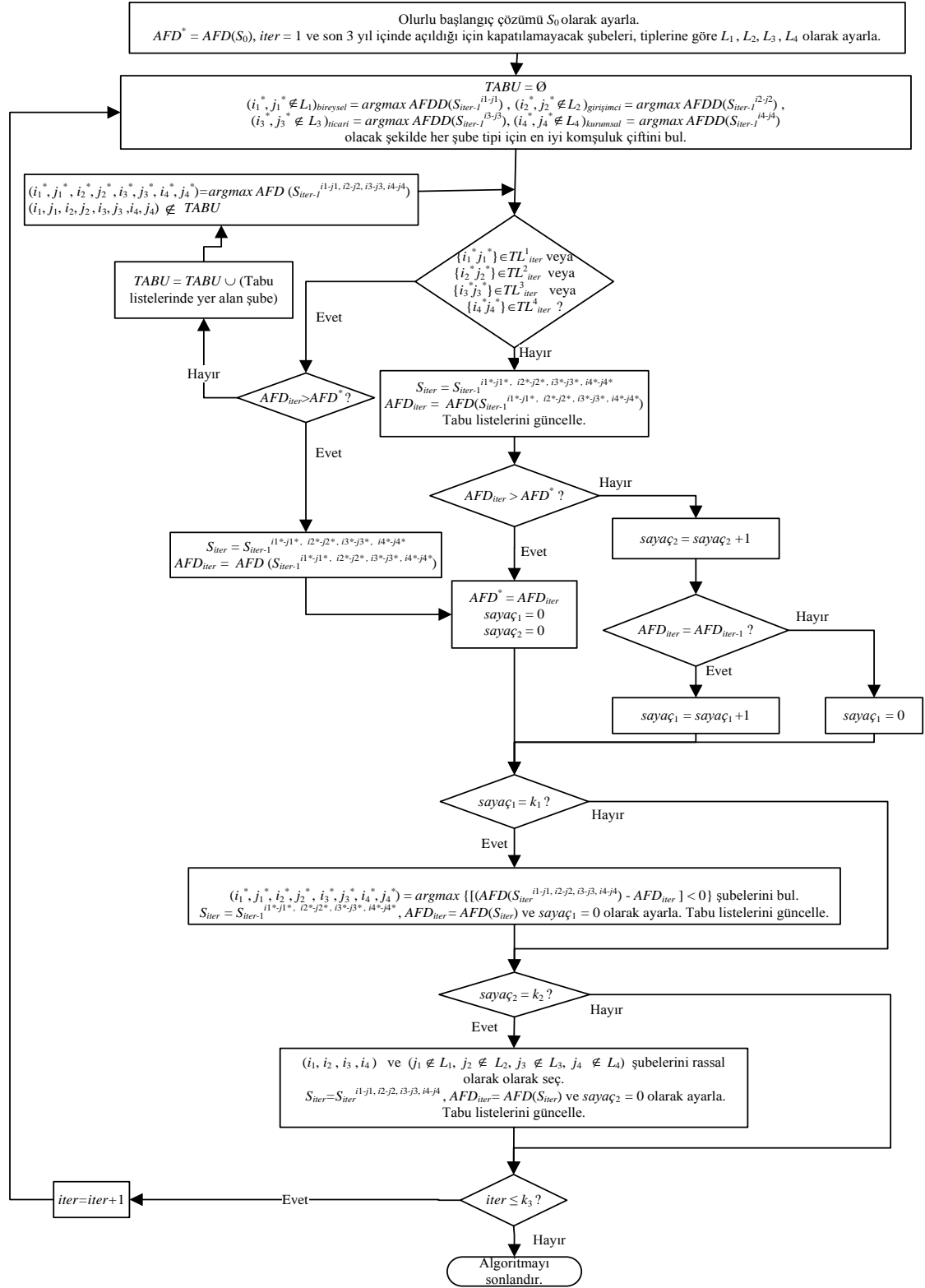
Önerilen TA yönteminde her şube tipi için amaç fonksiyonunda en büyük değişim sağlayacak açık – kapalı şube çiftine karar verilmesi durumunda gerçekleştirilen ilk işlem, bu şubelerin tabu listesinde yer alıp yer almadığını kontrol etmektir. 4 farklı şube tipi için tespit edilen açılıp kapanması planlanan 4 çift şubeden en az birinin tabu

listesinde yer alması halinde, bulunan çözümün yasaklı olduğu kabul edilir ve tabu yıkma kriterinin sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Tabu olan bu çözümün, o ana kadar elde edilen en iyi amaç fonksiyonundan daha yüksek bir değer sağlaması durumunda tabu yıkılır ve yasaklı hareket kabul edilir, aksi durumda amaç fonksiyonundaki en yüksek ikinci değişimi veren farklı (*TABU* kümesinde yer almayan) şube çiftleri aranır.

Yeni açılan şubelerin işlem hacmi kazancı, açma maliyeti ve mesafe cezası kaybının; kapanan şubelerin işlem hacmi ve kapama maliyeti kaybı ile mesafe cezası kazancına eşit olmasının sonucu olarak bazı durumlarda mevcut çözümün belli iterasyondan sonra değişmemesi, böylece aynı amaç fonksiyon değerinin bulunması söz konusu olabilmektedir. k_1 iterasyon boyunca aynı mevcut çözüm değerinin bulunması durumunda meydana gelen bu döngüyü önlemek için, mevcut amaç fonksiyon değerinde en büyük artış sağlayacak aday nokta çiftleri yerine en düşük azalma sağlayacak şube çiftleri seçilerek çözümün farklı noktalara doğru yönelmesi sağlanır. Öte yandan, TA yönteminin uygulandığı problemlerde, belli sayıda iterasyon sonrasında o ana kadar elde edilen en iyi amaç fonksiyonunun artık iyileştirilememesi, böylece yerel en iyi noktaya takılma problemi ile karşı karşıya kalınmaktadır. Optimizasyon problemlerinde karşılaşılmak istenmeyen bu durumun önlenmesi için, TA yönteminde genellikle “çeşitlendirme” aşamasının uygulanması önerilmektedir. Önerilen TA yönteminde çeşitlendirme olarak; ardışık k_2 iterasyon boyunca o ana kadar elde edilen en iyi amaç fonksiyonunun iyileşmemesi halinde, olurluluğu bozmamak için her şube tipinden son 3 yılda açılan şubeler kümesine dâhil olmayan birer şube rassal olarak kapanıp, kapalı olan birer şube açılır. Başar ve diğ. (2011) tarafından benzer problem çözümlenirken çeşitlendirme aşamasında birden fazla aday noktanın rassal olarak açılıp kapanması halinde birer noktanın açılıp kapanmasına kıyasla daha iyi sonuç bulunmadığı deneysel olarak gösterilmiştir. TA yönteminin son aşaması gereği durdurma koşulu olarak iterasyon sayısı limiti, k_3 şeklinde belirlenir.

Bankalar için en uygun yerleşim yerinin belirlenmesi için önerilen TA algoritmasının akışı Şekil 6.3’te verilmiştir. Bu akışta S_0 başlangıç çözümü; $iter$ iterasyon sayısını; S_{iter} $iter$ sayısına denk gelen aşamadaki açık şubeleri gösteren çözüm kümesini; L_1 , L_2 , L_3 ve L_4 son 3 yılda açılan yani TA boyunca kapatılmayacak şubeleri; S_{iter}^{i1-j1} önerilen

komşuluk yapısına bağlı olarak S_{iter} çözümündeki bireysel tipteki i_1 şubesinin kapatılarak yerine j_1 şubesinin açılması durumundaki bireysel şubeler kümesini; $S_{iter}^{i_2-j_2}$ girişimci tipteki i_2 şubesinin kapatılarak yerine j_2 şubesinin açılması durumundaki girişimci şubeler kümesini; $S_{iter}^{i_3-j_3}$ ticari tipteki i_3 şubesinin kapatılarak yerine j_3 şubesinin açılması durumundaki ticari şubeler kümesini; $S_{iter}^{i_4-j_4}$ kurumsal tipteki i_4 şubesinin kapatılarak yerine j_4 şubesinin açılması durumundaki kurumsal şubeler kümesini; AFD_{iter} iter aşamasındaki amaç fonksiyon değerini; $AFDD$ amaç fonksiyon değerindeki değişimi; AFD^* o ana kadar elde edilen en iyi amaç fonksiyonunu; TL^1 bireysel şubeler için, TL^2 girişimci şubeler için, TL^3 ticari şubeler için, TL^4 ise kurumsal şubeler için açılan – kapanan şubelerin yer aldığı (tabu listesi uzunluğu * 2 boyutundaki) tabu listelerini; $TABU$ yasaklı olan ve tabu yıkma kriterini karşılamayan çözümün tutulduğu kümeyi; $sayaç_1$ ardışık olarak aynı AFD 'ye sahip iterasyonların sayısını; $sayaç_2$ ardışık olarak aynı AFD^* 'nin bulunduğu yani AFD^* 'nin iyileşmediği iterasyonların sayısını göstermektedir.



Şekil 6.3 : Tek dönemli model için önerilen TA algoritması.

6.3. Tek Dönemli Model İçin Deneysel Çalışma

Banka şubelerinin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesine yönelik önerilen yöntem ve TA algoritmasının uygunluğunun doğrulanması için deneysel çalışma gerçekleştirilmesi amacıyla aday şube yeri sayısı 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 olan farklı büyüklüklerdeki şehirlerde açılacak 5 farklı şube sayısı üzerinden toplam 40 problem üretilmiştir.

Rassal problemlerde açılacak şube sayısı belirlenirken; Türkiye’de hizmet veren bankaların tüm iller bazında şube sayısı ve söz konusu illerin aday nokta (mahalle) adedi, böylelikle mahalle ve banka başına ortalama şube sayısının göz önünde bulundurulması fayda sağlayacaktır. TBB’nin yayınladığı güncel verilere göre İstanbul’da, 43 farklı bankaya ait 3.127 adet banka şubesi bulunmaktadır (TBB, 2014). Öte yandan Türkiye İstatistik Kurumu (TUIK) tarafından temin edilen güncel verilere göre İstanbul’da 763 adet mahalle bulunmaktadır. Bu durumda İstanbul’da banka başına ortalama $3.127/43 = 72,72$ adet şube bulunmakta, böylece İstanbul’da hizmet veren bir bankanın şube sayısı, mahalle sayısının $100 * 72,72 / 763 = \% 9,53$ ’ü kadardır. Deneysel çalışmanın illerin büyüklüğü, hizmet veren banka ve şube adedinden bağımsız olarak gerçekleştirilmesi için tespit edilen tüm illere ait değerler Çizelge 6.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 6.1 : Türkiye'deki illerin mahalle, banka ve şube adetleri.

İl Adı	Mahalle Adedi (A)	Tüm Bankaların Toplam Şube Adedi (B)	Hizmet Veren Banka Adedi (C)	Mahalle ve Banka Başına Ortalama Şube Sayısı Oranı (%) (100*B / A*C)
İstanbul	763	3.127	43	9,531
Ankara	795	1.088	28	4,889
İzmir	750	788	26	4,041
Antalya	521	443	21	4,049
Bursa	443	387	24	3,640
Adana	405	262	21	3,081
Konya	914	239	21	1,245
Kocaeli (İzmit)	240	230	21	4,563
İçel (Mersin)	411	200	19	2,561
Muğla	232	186	18	4,454
Gaziantep	369	170	23	2,003
Kayseri	433	154	22	1,617
Manisa	413	152	15	2,454
Balıkesir	289	152	16	3,287
Aydın	266	142	16	3,336
Denizli	349	141	20	2,020
Samsun	359	137	18	2,120
Tekirdağ	66	127	17	11,319
Hatay (Antakya)	225	125	17	3,268
Sakarya	321	113	18	1,956
Eskişehir	189	109	19	3,035
Trabzon	384	109	17	1,670
Diyarbakır	247	87	16	2,201
Afyonkarahisar	581	80	14	0,984
Şanlıurfa	225	74	15	2,193
Çanakkale	78	74	14	6,777
Sivas	297	70	14	1,684
Kahramanmaraş	358	70	14	1,397
Ordu	478	69	13	1,110
Zonguldak	172	69	15	2,674
Çorum	204	65	15	2,124
Edirne	114	64	13	4,318
Tokat	437	64	13	1,127
Erzurum	203	62	14	2,182
Malatya	354	60	14	1,211
Kütahya	321	57	15	1,184
Isparta	343	54	13	1,211
Yozgat	280	50	12	1,488
Kırklareli	119	49	13	3,167
Giresun	233	49	13	1,618
Mardin	155	49	13	2,432
Rize	206	48	13	1,792
Kastamonu	164	48	13	2,251
Elazığ	167	46	14	1,967
Van	120	44	14	2,619
Uşak	84	42	15	3,333
Nevşehir	183	40	13	1,681
Bolu	92	40	13	3,344
Amasya	106	39	13	2,830
Burdur	125	38	13	2,338
Düzce	114	37	15	2,164
Adıyaman	191	36	13	1,450
Artvin	37	34	10	9,189
Osmaniye	132	32	13	1,865
Bilecik	65	30	13	3,550
Kırıkkale	138	29	13	1,616
Aksaray	218	29	13	1,023

Çizelge 6.2 (devam): Türkiye’deki illerin mahalle, banka ve şube adetleri.

İl Adı	Mahalle Adedi (A)	Tüm Bankaların Toplam Şube Adedi (B)	Hizmet Veren Banka Adedi (C)	Mahalle ve Banka Başına Ortalama Şube Sayısı Oranı (%) ($100*B / A*C$)
Karabük	85	29	13	2,624
Niğde	206	28	13	1,046
Batman	123	27	12	1,829
Sinop	48	27	10	5,625
Çankırı	116	26	12	1,868
Ağrı	99	26	11	2,388
Yalova	53	25	13	3,628
Kırşehir	132	25	13	1,457
Karaman	151	25	13	1,274
Kars	55	24	13	3,357
Şırnak	91	23	8	3,159
Erzincan	148	23	13	1,195
Bartın	47	22	12	3,901
Bitlis	126	21	10	1,667
Gümüşhane	70	17	9	2,698
Siirt	64	17	11	2,415
Iğdır	34	14	11	3,743
Tunceli	42	14	7	4,762
Muş	120	13	7	1,548
Ardahan	41	13	7	4,530
Bingöl	67	12	7	2,559
Hakkari	54	12	5	4,444
Kilis	88	10	9	1,263
Bayburt	29	9	7	4,433

Çizelge 6.1’deki verilere göre, Türkiye’de hizmet veren bir bankanın şube sayısı, ortalama olarak planlama yapılan ildeki mahalle sayısının %2,859’u kadardır. Bu değer, söz konusu il ve bankaların büyüklüğüne göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin, İstanbul’da hizmet veren tüm bankalar hesaba katıldığında, mahalle sayısının %9,531’i kadar şube bulunmakta iken; 763 mahallede 347 şubesi olan Türkiye İş Bankası için bu değer %45,478 seviyesine ulaşabilmektedir.

Deneysel çalışmada kullanılacak rassal problemlerin; orta – büyük ölçekli illerde, orta – büyük ölçekli bankalara yönelik üretildiği varsayılmaktadır. Böylelikle rassal problemlerin çözülmesi için girdi olarak ihtiyaç duyulan, planlama döneminde açılacak şube sayısı; bireysel şubeler için ildeki aday nokta sayısının en fazla %10’u, girişimci şubeler için en fazla %4’ü, ticari şubeler için en fazla %2’si ve kurumsal şubeler için en fazla %1’i olarak belirlenmiştir. Açılacak şube sayısının üst sınır olarak belirlenmesi nedeniyle, aday nokta sayısına göre kesirli olarak elde edilen şube sayıları, bir alt tamsayıya yuvarlanacaktır (Örneğin 50 aday noktası olan bir mahallede açılacak kurumsal şube sayısı $50*0,01 = 0,5$ olacağı için bu ilde kurumsal

şube açılmayacaktır). Ayrıca bankanın şube sayısını azaltmayı tercih etmeyeceği düşüncesiyle, her tip için planlama döneminde açılacak en fazla şube sayısının en az mevcut durumda açık şube sayısı kadar olacağı varsayılmıştır. Öte yandan açılacak en fazla şube sayısına ilaveten rassal problemlerin çözülebilmesi için girdi olarak ihtiyaç duyulan, her şube tipi için mevcut durumda hizmet veren ve son 3 yıl içinde açılmış olan şubelerin hangi noktada bulunduğu bilgisi, aday nokta sayısına bağlı olarak üretilmiştir. Sonuç olarak önerilen matematiksel tek dönemli modelin, 40 rassal problem için CPLEX kullanılarak elde edilen çözümü Çizelge 6.2’de özetlenmiştir.

Çizelge 6.3 : Rassal problemler için CPLEX ve başlangıç çözümü (tek dönemli).

Vaka no	Aday nokta sayısı	Tiplere göre mevcut durumda açık şube sayısı	Tiplere göre son 3 yıl içinde açılmış şube sayısı	Tiplere göre sırasıyla planlama döneminde açılacak şube sayısı	CPLEX (AFD)	CPLEX süre (sn.)	Başlangıç çözümü 1 (AFD)	Başlangıç Çözümü 1 süre (sn.)	Başlangıç Çözümü 1 (CPLEX’e uzaklık)	Başlangıç çözümü 2 (AFD)	Başlangıç Çözümü 2 süre (sn.)	Başlangıç çözümü 2 (CPLEX’e uzaklık)	Başlangıç çözümü 3 (AFD)	Başlangıç çözümü 3 Süre (sn.)	Başlangıç çözümü 3 (CPLEX’e uzaklık)
1	50	3,1,0,0	0,0,0,0	4,2,1,0	2,614	12,19	1,095	12,13	-58,11	2,519	23,52	-3,60	2,417	21,26	-7,53
2	50	4,1,0,0	1,0,0,0	5,1,1,0	2,296	2,55	1,170	21,26	-49,03	2,185	34,43	-4,84	2,193	21,74	-4,49
3	50	5,2,0,0	1,0,0,0	5,2,0,0	2,662	21,38	1,015	20,96	-61,85	2,621	42,62	-1,54	2,522	21,04	-5,24
4	50	5,2,0,0	1,0,0,0	5,2,1,0	2,686	21,25	1,086	20,48	-59,59	2,663	25,39	-0,86	2,465	11,91	-8,22
5	50	5,2,0,0	0,0,0,0	5,2,0,0	2,602	21,15	1,837	11,8	-29,40	2,602	40,89	0,00	2,216	20,82	-14,84
6	100	6,1,1,0	1,0,0,0	7,2,2,1	3,985	22,86	1,667	21,34	-58,17	3,860	41,74	-3,14	3,187	12,76	-20,01
7	100	7,2,0,1	1,0,0,0	8,3,1,1	3,983	30,10	1,896	12,92	-52,39	3,654	43,82	-8,25	3,501	12,79	-12,10
8	100	8,3,0,1	0,0,0,0	9,4,1,1	4,673	57,70	1,650	3,24	-64,70	4,269	6,93	-8,65	3,703	3,26	-20,76
9	100	9,4,1,0	1,0,0,0	10,4,1,0	4,647	24,00	2,051	3,15	-55,86	3,971	6,67	-14,56	3,529	3,32	-24,05
10	100	10,4,0,1	1,0,0,0	10,4,1,1	5,049	13,43	2,063	21,26	-59,14	4,636	12,69	-8,18	3,952	11,49	-21,72
11	200	12,5,1,0	0,1,0,0	13,6,2,1	5,755	36,000	1,895	17,55	-67,07	4,866	30,97	-15,46	4,784	23,21	-16,87
12	200	14,6,2,1	1,1,0,0	15,7,3,2	6,888	36,000	2,420	17,62	-64,87	5,883	32,61	-14,59	5,640	22,99	-18,12
13	200	16,7,3,1	2,1,0,0	17,8,4,2	7,059	36,000	1,336	23,43	-81,07	5,990	46,56	-15,14	5,368	23,41	-23,96
14	200	18,8,3,2	1,0,0,0	19,8,3,2	7,445	36,000	0,333	17,44	-95,53	5,440	55,13	-26,93	4,815	23,8	-35,32
15	200	20,8,4,2	1,0,0,0	20,8,4,2	7,496	36,000	0,085	21,93	-98,87	4,615	32,53	-38,44	4,437	23,96	-40,80
16	300	10,4,2,0	2,1,0,0	12,5,3,1	5,883	36,000	2,134	27,23	-63,73	5,247	67,8	-10,81	4,764	27,28	-19,02
17	300	15,6,3,1	1,0,0,0	16,7,4,1	7,113	36,000	0,833	35,91	-88,28	5,881	31,98	-17,32	5,191	26,16	-27,02
18	300	20,8,4,1	1,1,0,0	22,9,4,1	7,060	36,000	-0,698	27,31	-109,88	4,919	56,83	-30,33	3,489	25,52	-50,58
19	300	25,10,5,2	1,1,0,0	26,11,6,3	5,873	36,000	-2,584	49,18	-144,00	3,918	25,66	-33,28	3,768	32,04	-35,84
20	300	30,12,6,3	1,1,1,1	30,12,6,3	7,692	36,000	-5,641	62,62	-173,33	1,437	67,42	-81,31	-0,023	26,56	-100,29
21	400	20,8,4,0	1,1,0,0	22,9,5,1	6,852	36,000	-3,278	74,36	-147,85	1,638	87,39	-76,09	1,187	34,15	-82,67
22	400	25,10,5,1	2,1,0,0	28,11,6,1	8,613	36,000	-1,088	86,93	-112,63	3,732	104,83	-56,67	2,075	74,68	-75,91
23	400	30,12,6,2	1,0,1,0	32,13,6,2	9,257	36,000	-4,628	98,24	-150,00	4,627	134,91	-50,02	3,686	125,19	-60,18
24	400	35,14,7,3	2,1,1,0	36,15,8,3	11,938	36,000	-3,643	113,48	-130,52	6,185	156,72	-48,19	5,943	126,94	-50,22
25	400	40,16,8,4	2,1,1,1	40,16,8,4	16,914	36,000	-0,628	130,94	-103,71	9,618	186,49	-43,13	4,812	162,87	-71,55
26	500	30,12,6,0	2,0,1,0	32,14,7,1	13,651	36,000	0,372	148,61	-97,27	4,943	167,64	-63,79	3,735	156,39	-72,64
27	500	35,14,7,1	1,1,0,0	38,15,8,2	16,795	36,000	3,625	158,32	-78,42	3,185	173,42	-81,04	2,560	168,43	-84,76
28	500	40,16,8,2	1,1,1,0	44,17,9,3	18,109	36,000	2,087	173,65	-88,48	5,392	194,613	-70,22	3,152	190,658	-82,59
29	500	45,18,9,3	1,1,1,0	46,19,10,4	19,247	36,000	4,810	203,46	-75,01	7,092	223,94	-63,15	5,384	209,76	-72,03
30	500	50,20,10,4	1,1,1,1	50,20,10,5	20,385	36,000	3,946	246,75	-80,64	8,406	294,18	-58,76	4,765	285,43	-76,62
31	750	55,22,11,0	0,1,1,0	56,23,12,1	34,269	36,000	5,918	308,76	-82,73	8,678	346,92	-74,68	7,693	316,84	-77,55
32	750	60,24,12,1	2,1,1,0	63,25,12,2	39,425	36,000	8,706	329,73	-77,92	15,914	368,057	-59,63	13,461	346,38	-65,86
33	750	65,26,13,2	1,1,1,0	68,27,14,3	43,192	36,000	10,934	367,15	-74,69	17,946	408,94	-58,45	12,648	386,27	-70,72
34	750	70,28,14,4	1,1,1,0	72,29,15,5	46,813	36,000	15,386	391,33	-67,13	24,641	453,84	-47,36	17,943	408,94	-61,67
35	750	75,30,15,5	2,1,1,1	75,30,15,5	48,672	36,000	18,067	416,98	-62,88	26,837	443,95	-44,86	21,639	425,31	-55,54
36	1.000	80,30,15,5	4,1,1,0	84,32,16,6	67,835	36,000	28,645	573,92	-57,77	45,714	633,59	-32,61	35,426	591,08	-47,78
37	1.000	85,32,16,6	5,2,2,1	87,34,17,7	74,688	36,000	30,948	586,71	-58,56	49,634	615,88	-33,54	38,716	597,34	-48,16
38	1.000	90,34,17,7	6,3,3,1	92,36,18,8	79,042	36,000	51,613	605,46	-34,70	59,386	658,46	-24,87	57,944	624,13	-26,69
39	1.000	95,36,18,8	6,3,4,1	96,38,19,9	86,439	36,000	33,157	673,44	-61,64	46,127	684,76	-46,64	39,432	678,99	-54,38
40	1.000	98,38,19,9	7,4,4,2	100,40,20,10	91,641	36,000	36,434	691,72	-60,24	73,269	743,82	-20,05	48,352	726,47	-47,24
ORTALAMA					27.006	6.426	170.72	-80.94	12.603	195.21	-34.78	10.062	175.79	-44.79	

Çizelge 6.2’de yer alan CPLEX’e uzaklığın negatif olduğu sonuçlar, CPLEX’in bulduğu çözümden daha kötü (amaç fonksiyonunun en büyükleme niteliğinde olması nedeniyle daha düşük) değer elde edildiğinin göstergesidir. Çizelge 6.2’de görüldüğü üzere, 50 ve 100 aday noktası olan problemler için önerilen tek dönemli matematiksel modelin en iyi çözümü CPLEX 12.2 aracılığı ile en geç 1 dakika içinde bulunabilmiştir. Ancak problemin NP-Zor olması nedeniyle 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 aday noktası olan problemlerin en iyi çözümü 10 saat boyunca bulunamamış, karşılaştırma amacıyla 10 saat sonunda bulunan en iyi tamsayı değeri referans kabul edilmiştir. Öte yandan bu problemlerde, en iyi düğüme uzaklık değerinin 10 saat sonunda %30’dan büyük olmak kaydıyla problemin büyüklüğüne bağlı olarak %100’ün de üzerinde olabildiği gözlemlenmiştir.

Üç farklı başlangıç çözümü de hızlı yanıt vermekteyken, amaç fonksiyon değeri açısından en iyi çözümü DP – Gevşetme (Başlangıç Çözümü – 2), en kötü çözümü ise ise Rassal Yöntemin (Başlangıç Çözümü – 1), verdiği gözlemlenmektedir. Şöyle ki; en iyi çözümün bulunabildiği 50 ve 100 aday noktalı problemler için ortalama 22,66 sn.’de çözüm veren CPLEX’e uzaklık; Rassal Yöntem ile 14,85 sn.’de %54,82; DP – Gevşetme ile 27,87 sn.’de %5,36 ve Kriter Bazlı Yöntem (Başlangıç Çözümü – 3), ile 14,04 sn.’de %13,90 değerindedir. Ayrıca 50 adaylı noktalı 5. problem için DP – Gevşetme yöntemi ile en iyi çözüm bulunabilmiş, böylece bu problem için ayrıca TA uygulanmasına gerek kalmamıştır. Öte yandan 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 aday noktalı problemler için CPLEX’in 10 saatlik (36.000 sn) süre sonunda bulduğu çözüme uzaklık Rassal Yöntem ile 263,29 sn.’de %91,28; DP – Gevşetme ile 293,28 sn.’de %49,07 ve Kriter Bazlı Yöntem ile 270,95 sn.’de %60,70 değerindedir. Bazı problemler için bulunan çözümlerin negatif değere sahip olması, belirtilen problemlerin söz konusu başlangıç çözümlerinin CPLEX’e olan uzaklığının %100’ün üzerinde olmasına neden olmaktadır. 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 aday noktalı problemler birlikte düşünüldüğünde CPLEX’in ortalama 27.006 sn.’lik sürede bulduğu çözüme uzaklık; Rassal Yöntem ile 170,72 sn.’de %80,94, DP – Gevşetme ile 195,21 sn.’de %34,78 ve Kriter Bazlı Yöntem ile 175,79 sn.’de %44,79 değerindedir.

Tarif edilen başlangıç çözümlerine TA'nın uygulanması için, Şekil 6.3'de tarif edilen TA algoritmasında kullanılmak üzere en iyi sonuç veren parametrelerin tespit edilmesi gerekmektedir.

- ✓ Tabu listesinin uzunluğu,
- ✓ Mevcut amaç fonksiyonunun kaç iterasyon boyunca değişmemesi halinde en büyük artış yerine en düşük azalma sağlayan şube çiftlerinin seçileceğini gösteren k_1 ,
- ✓ Bulunan en iyi amaç fonksiyonunun kaç iterasyon boyunca iyileşmemesi halinde her bir şube tipi için rassal olarak tespit edilen birer şubenin açılıp kapanmasını gösteren k_2 ,
- ✓ Kaç iterasyon sonunda algoritmanın sonlanacağını gösteren k_3 , önerilen TA algoritmasının parametreleridir.

Farklı aday noktasına sahip problemler için parametrelerin sonuca etkisinin incelenmesi amacıyla $k_3 = 1.000$ iterasyonda; tabu listesi uzunluğu için $\{5, 6, 7, \dots, 18, 19, 20\}$; k_1 ve k_2 için $\{6, 8, 10, 12, 14, 16, 18\}$ değerleri denenmiştir. 40 problemin tamamı hesaba katıldığında en iyi tabu listesi uzunluğunun 14, en iyi k_1 ve k_2 değerlerinin ise sırasıyla 8 ve 12 olduğu gözlemlenmiştir. Öte yandan problemdeki aday nokta sayısı ile tabu listesi boyutu arasında doğru orantı olduğu, böylece aday nokta sayısı arttıkça en iyi sonuç veren tabu listesi uzunluğunun arttığı görülmüştür (50, 100, 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 aday noktalı problemler için sırasıyla en iyi tabu listesi boyutları 5, 7, 8, 10, 13, 15, 16 ve 19'dur). Böylece önerilen TA algoritmasında her iterasyonda tabu listesi uzunluğu olarak kullanılmak üzere 3 farklı yaklaşım geliştirilmiştir:

- ✓ Her farklı aday noktasına sahip problem için, her iterasyonda 40 problemin tamamı için ortalama en iyi değeri veren (sabit) 14 değerinin kullanılması,
- ✓ Her farklı aday noktası için en iyi sonuç veren tabu listesi (5, 7, 8, 10, 13, 15, 16 ve 19) boyutu $+ / - (3)$ arasından her iterasyonda rassal seçim yapılması (Örneğin her iterasyonda, 50 aday noktalı problemler için $5 + / - 3 = 2$ ve 8, 100 aday noktalı problemler için $7 + / - 3 = 4$ ve 10 arasından rassal tabu listesi boyutu belirleme),
- ✓ Her farklı aday noktası için en iyi sonuç veren tabu listesi boyutunun kullanılması (50 aday noktalı problemler için 5, 100 aday noktalı problemler için 7 vb.).

Buna göre, önerilen 3 farklı başlangıç çözümü ve 3 farklı tabu listesi boyutu yaklaşımı ile $k_1 = 8$, $k_2 = 12$ ve $k_3 = 1.000$ iterasyonda bulunan çözümler kıyaslandığında tabu

listesi boyutu açısından her farklı aday noktası için en iyi sonuç veren değerin kullanıldığı 3. yöntemin en başarılı olduğu görülmüştür. Böylece bu yaklaşım kullanılarak deneysel çalışmalara devam edilmesine karar verilmiştir.

Sonuç olarak $k_1 = 8$, $k_2 = 12$, $k_3 = \{100, 250, 500, 1.000, 2.500, 5.000, 10.000\}$ ile her farklı aday noktası için en iyi sonuç veren değerin tabu listesi boyutu olarak kullanılması ile elde edilen TA ile CPLEX'in karşılaştırmalı sonuçları Ek C Çizelge 1, 2 ve 3'te özetlenmiştir.

Ek C Çizelge 1'de sonuçları verilen TA-1, başlangıç çözümü olarak Rassal Yöntem; Çizelge 2'deki TA-2, başlangıç çözümü olarak DP – Gevşetme, Çizelge 3'teki TA-3 ise başlangıç çözümü olarak Kriter Bazlı Yöntem kullanılarak uygulanan TA'yı ifade etmektedir. Ek C Çizelge 1, 2 ve 3'te yer alan CPLEX'e uzaklığın pozitif olduğu TA sonuçları, CPLEX'in bulunduğu çözümden daha iyi (amaç fonksiyonunun en büyükleme niteliğinde olması nedeniyle daha yüksek) değer elde edildiğinin göstergesidir.

40 problem için CPLEX'in ortalama 27.006 saniyede bulunduğu çözüme kıyasla TA – 1 ile; 100 iterasyonda ortalama 31,21 saniyede %0,405, 250 iterasyonda 68,14 saniyede %0,276, 500 iterasyonda 141,48 saniyede %0,150, 1.000 iterasyonda 285,44 saniyede %0,066 ve 2.500 iterasyonda 725,48 saniyede %0,023 oranında daha düşük değerler bulunmuştur. Öte yandan CPLEX'e kıyasla TA – 1 ile 5.000 iterasyonda 1.471,47 saniyede ortalama %0,100 ve 10.000 iterasyonda 2.965,20 saniyede %0,294 oranında daha iyi değerler elde edilmiştir. 300 aday noktası olan problemlerden 3. örnek için CPLEX'in 10 saatte bulunduğu çözüm, TA – 1 ile 250 iterasyonda 21,06 saniyede elde edilmiştir. Ayrıca iterasyon sayısı arttırıldıkça, birçok problemin CPLEX'e kıyasla TA – 1 ile daha hızlı ve iyi çözüldüğü görülmektedir.

Önceden de bahsedildiği üzere, 50 aday noktalı 5. problem için DP – Gevşetme yöntemi ile en iyi çözüm bulunduğu için TA – 2 uygulanmasına gerek kalmamıştır. Böylece kalan 39 problem için CPLEX'in ortalama 27.006 saniyede bulunduğu çözüme kıyasla TA – 2 ile; 100 iterasyonda ortalama 34,51 saniyede %0,281, 250 iterasyonda 72,46 saniyede %0,185, 500 iterasyonda 151,15 saniyede %0,094 oranında daha düşük değerler bulunmuştur. Öte yandan TA – 2 ile; 1.000 iterasyonda 300,52 saniyede %0,080 oranında, 2.500 iterasyonda 782,5 saniyede %0,371, 5.000 iterasyonda 1.576,72

saniyede %0,680 ve 10.000 iterasyonda 3.121,37 saniyede %0,904 oranında CPLEX'e kıyasla daha yüksek değerler elde edilmiştir. Genel olarak, başlangıç çözümünün kalitesine bağlı olarak TA-2'nin TA-1'den daha başarılı olduğu gözlemlenmektedir.

Son olarak TA – 3 ile 100 iterasyonda ortalama 32,84 saniyede %0,320, 250 iterasyonda 70,16 saniyede %0,226, 500 iterasyonda 143,65 saniyede %0,122 ve 1.000 iterasyonda 288,14 saniyede %0,063 oranında daha düşük değerler bulunmuştur. Öte yandan TA – 3 ile 2.500 iterasyonda 736,43 saniyede %0,037, 5.000 iterasyonda 1.496,60 saniyede %0,176 ve 10.000 iterasyonda 2.999,63 saniyede %0,490 oranında CPLEX'e kıyasla daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Sonuç olarak, banka şubelerinin en uygun yerleşim yerinin tespit edilmesi için önerilen TA yönteminin başlangıç çözümünün kalitesinden bağımsız olarak başarılı sonuçlar verdiği gözlemlenmektedir.

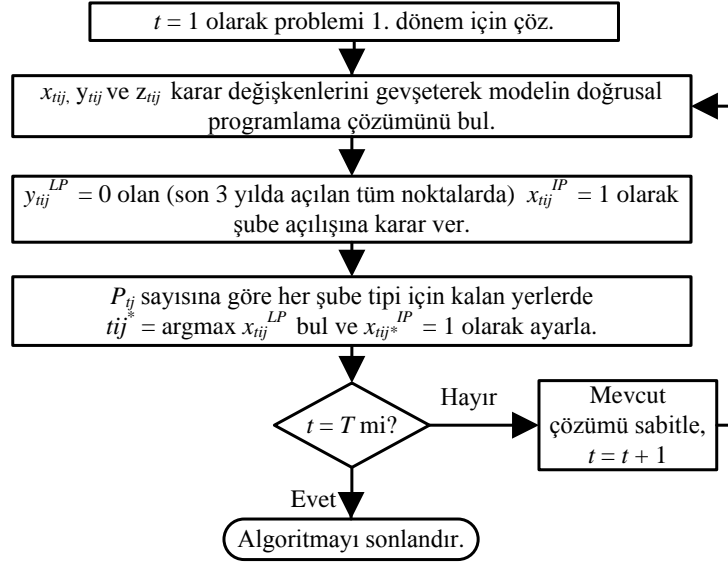
7. ÇOK DÖNEMLİ MATEMATİKSEL MODELİN ÇÖZÜMÜ

Tek dönemli model için başarılı sonuçlar bulunması sayesinde, banka şubelerinin uygun yer seçimi problemine yönelik önerilen çok dönemli model için de TA yönteminin uygulanmasına karar verilmiştir.

7.1. Çok Dönemli Model İçin Başlangıç Çözümü Bulma Yöntemi

Bölüm 6.1’de tek dönemli matematiksel model için önerilen başlangıç çözümlerinden en iyi sonuç veren yöntemin, çok dönemli modelin yapısına göre uyarlanarak kullanılmasına karar verilmiştir. Böylece tek dönemli planlamada elde edilen sonuçların kalitesine bağlı olarak, çok dönemli planlama için TA’nın başlangıç çözümü olarak doğrusal programlama gevşeme yöntemi kullanılacaktır. Her dönem için her şube tipinden açılacak en fazla sayıda şube kısıtının sağlanması ve son 3 yılda açılmış olan şubelerin hizmet vermeye devam etmesi sayesinde tek dönemli modelde olduğu gibi önerilen başlangıç çözümünün olurlu olması hedeflenmektedir.

Önerilen çok dönemli matematiksel modelin NP–Zor olmasına, bu nedenle büyük boyutlu problemler için en iyi çözümünün bulunamamasına neden olan ikili x_{tij} , y_{tij} ve z_{tij} karar değişkenleri; doğrusal programlama gevşeme yönteminde sürekli hale getirilerek model gevşetilir. Olurlu sonucun elde edilmesi için problem, birinci dönemden başlamak üzere her dönem için ayrı ayrı çözülür. Şöyle ki, birinci dönem için her şube tipinden açılacak şube sayısı kadar en yüksek x_{1ij} değerine sahip noktalarda şube açma kararı verilir. Matematiksel modelin mevcut kısıtları arasında son 3 yılda açılan yerlerin kapatılamaması koşulunun yer alması nedeniyle elde edilen çözüm birinci dönem için olurludur. Birinci dönem için elde edilen çözüm sabit tutularak aynı yöntem ile ikinci döneme ait çözüm elde edilir. Benzer şekilde T dönemine kadar aynı işlem yapılarak, çok dönemli matematiksel modelin TA algoritmasında kullanmak üzere başlangıç çözümü bulma işlemi tamamlanır. Yöntemin detayları Şekil 7.1’de verilmiştir.



Şekil 7.1 : Çok dönemli model için doğrusal programlama gevşetme yöntemi.

7.2. Çok Dönemli Model İçin Tabu Arama Yaklaşımı

Başarılı sonuçları sayesinde, tek dönemli matematiksel model için önerilen TA algoritmasının aynısının çok dönemli matematiksel model için de uygulanması önerilmektedir. Ancak tek dönemli modelden farklı olarak, çok dönemli TA algoritmasının her iterasyonunda olurluluk koşulunun sağlanabilmesi için, çözüm kümesinde yer alan (açık) şubelerin en az 3 yıl süreyle hizmet vermemesi halinde kapatılamaması söz konusudur. Bu durumda, çok dönemli TA algoritmasında komşuluk yapısı belirlenirken, her şube tipi için açık şubelerin ne zaman faaliyete başladıklarına bakılması, 3 yıldan daha yakın bir zamanda açılmış şubelerin, kapatılabilecek şubeler kümesine dâhil edilmemesi gerekmektedir. (Örn. 2014-2015-2016-2017 planlaması yapılırken 2014 yılı için 2012 ve 2013'te; 2015 için 2013 ve 2014'te; 2016 için 2014 ve 2015'te, 2017 için 2015 ve 2016'da açılmış şubeler, kapatılamayacaktır). Bu sebeple olurlu başlangıç çözümü kullanarak 1. dönemden başlamak kaydıyla, her hangi bir şubenin kapatılıp yerine yeni bir şubenin açılması sırasında olurluluk koşulunun bozulmaması için yeni açılacak şubenin, planlama döneminin yanı sıra en az sonraki iki dönemde de faaliyette olması gerekmektedir. Buna göre T dönemlik planlama için, her iterasyonda her şube tipi için 1, 2, ... , T dönemlerinin hiçbirinde açık olmayan şubeler

ile en az 3 dönem hizmet veren şubelerin oluşturduğu çiftler, olurluluk koşulunu bozmayacak nitelikte açılması – kapanması muhtemelen şubelerdir.

Uygulama sırasında dört dönemli planlama için kullanılacak matematiksel modele yönelik önerilen olurlu komşuluk yapısı ve olurluluk koşulunun bozulması durumunun örnekleri, Çizelge 7.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 7.1 : Çok dönemli TA için komşuluk yapısı örneği.

t	P_{ij}	DP Gevşetme ile Elde Edilen Başlangıç Çözümü	Önerilen Komşuluk Yapısı (Olurlu)	Olurlu Olmayan Komşuluk Yapısı (1)	Olurlu Olmayan Komşuluk Yapısı (2)
1	3	2-5-8	2-5-8- 14	2 -5-8- 14	2-5-8- 14
2	4	2-6-8-10	2-6-8-10- 14	2 -6-8-10- 14	2-6-8-10- 14
3	5	6-7-8-10-12	6-7-8-10-12- 14	6-7-8-10-12- 14	6-7-8-10-12- 14
4	6	6-7-9-10-12-13	6-7-9-10-12	6-7-9-10-12	6-7-9-10-12

Çizelge 7.1’in ilk sütunu planlama dönemini, ikinci sütunu ise t döneminde j tipinde (örneğin bireysel) açılacak en büyük şube sayısını göstermektedir. Başlangıç çözümünde, 1. dönem 2, 5 ve 8. noktalarda j tipi şube hizmet vermektedir. 2. dönem, (planlamadaki 1. dönemden önceki hizmet süreleri de hesaba katıldığı için en az 3 yıl hizmet verme koşulunu sağlayan) 5. noktadaki şube kapatılmış, yerine 6 ve 10. noktalarda şube açılmıştır. Benzer şekilde 3. dönem 2. noktadaki şube kapatılmış, 7 ve 12. noktalarda şube açılmıştır. Bu demek oluyor ki, 2. noktada yer alan şube planlama başlamadan en az 1 yıl, 5. noktadaki şube ise planlamadan en az 2 yıl önce açılmıştır. Son dönemde ise 8. noktadaki şube kapatılarak 9. ve 13. noktalardaki şubeler açılmış, böylece çok dönemli TA için başlangıç çözümü oluşturulmuştur.

Olurlu komşuluk yapısı sütununda görüldüğü üzere, mevcut çözümün ilk 3 döneminde faaliyette olan (1. dönem açıldığı varsayılan) 8. noktadaki şube kapatılmakta, yerine 14. noktada şube açılmaktadır. Mevcut çözümün ilk 3 döneminin hiç birinde 14. noktadaki şube açık olmadığı için, olurluluk koşulunun sağlanması için ilk dönemin yanı sıra sonraki iki dönemde de 14. noktadaki şube çözüme girmekte, böylece olurluluk sağlanmaktadır. Ancak olurlu olmayan birinci komşuluk örneğinde görüldüğü üzere, 1. dönem 2. şubenin kapatılıp yerine 14. şubenin açılması durumunda, 3. dönem 2. şubenin

açık olmaması nedeniyle hizmet veren şube sayısı 6 olacak, böylece olurluluk bozulacaktır. Benzer şekilde olurlu olmayan ikinci komşuluk örneğine göre mevcut çözümde birinci dönemden sonra kapalı olan 5. şubenin yerine 14. şubenin açılması durumunda 2. dönem itibariyle olurluluk bozulacaktır.

Sonuç olarak kolaylıkla görülmektedir ki, önerilen komşuluk yapısına göre yeni açılacak şubeler kümesi, mevcut çözümün hiçbir döneminde açık olmayan şubelerden oluşmaktadır. Bu sebeple, Çizelge 7.1'deki örneğe göre 1. dönem açık bir şubenin kapatılıp yerine 3. dönem açık olan bir şubenin açılması şeklinde dönemler arası geçişe izin verilmemektedir. Yine önerilen komşuluk yapısına göre her hangi bir dönem kapatılabilecek bir şubenin en az sonraki iki dönem daha hizmet vermesi gerekmektedir. Bu sebeple mevcut dönemden önceki üç yıl içinde açılmış bir şubenin kapatılıp yerine yeni bir şubenin açılmasına izin verilmemektedir.

Tek dönemli TA algoritmasında olduğu gibi, çok dönemli TA'da da 1. dönemden itibaren başlamak koşuluyla her iterasyonda, her şube tipi için olurlu tüm komşulukların çözüme katkısı araştırılmakta, her tip için T dönemde amaç fonksiyon değerinde en büyük artış veren şube açma – kapama değişikliği yapılmakta, açılması – kapanması istenen şubelerin hiçbirinin (her şube tipi için açılan – kapanan şubelerin birlikte tutulduğu) tabu listesinde bulunmaması ya da eşik değerinden daha iyi bir çözüm sağlaması halinde hareket kabul edilmekte, gerekirse en iyi amaç fonksiyon değeri güncellenmektedir. Mevcut çözüm değerinin ardışık olarak k_1 iterasyon boyunca değişmemesi halinde amaç fonksiyonunda en yüksek artış yerine en düşük azalma veren komşu çiftler seçilmekte, en iyi çözümün k_2 iterasyon boyunca iyileşmemesi durumunda ise her şube tipi için olurluluk koşulunu bozmayan rassal olarak belirlenmiş şubelerin açılıp kapanması sağlanmakta ve algoritma k_3 iterasyon sonunda durmaktadır.

7.3. Çok Dönemli Model İçin Deneysel Çalışma

Çok dönemli planlama için önerilen TA algoritmasının deneysel olarak test edilmesi amacıyla tek dönemli planlamada olduğu gibi her birinden beşer adet olmak üzere 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750 ve 1000 adet aday noktasına sahip toplam 40 adet problem üretilmiştir. Mevcut durumda hangi noktada - hangi tip şubenin hizmet vermekte olduğu

bilgisi ve her farklı tip için birinci dönemde açılacak şube sayısı, tek dönemli planlamanın aynısı olarak kabul edilmiştir. Deneysel çalışmada kullanmak üzere ayrıca bir ve iki dönem önce açılmış şubelerin bulunduğu noktalar ile ikinci, üçüncü, dördüncü dönemlerde açılacak şube sayıları üretilmiştir. Öte yandan farklı dönemler için işlem hacminin tamamen rassal olarak üretilmesi durumunda, dönemler arasında verilecek şube açma – kapama kararının tutarsız olması nedeniyle her dönem, bir önceki dönemin işlem hacminin + / - (%20)'si arasında değişeceği varsayılmıştır. Örneğin birinci dönem normalize işlem hacmi 0,80 olan bir aday noktası için, ikinci dönem rassal olarak +%12 belirlenmişse 2. dönemki işlem hacmi $0,80 * 1,12 = 0,896$; üçüncü dönem için -%15 belirlenmişse, 3. dönemki işlem hacmi $0,896 * 0,85 = 0,7616$ değerini almaktadır. Ayrıca her dönem her tipte açılacak şube sayısı için tek dönemli planlamadaki yaklaşımın aynısı kullanılmıştır. Sonuç olarak çok dönemli planlama kapsamında önerilen matematiksel modelin, 40 rassal problem için başlangıç çözümü ile CPLEX 12.2 ile 10 saat sonunda elde edilen çözümü Çizelge 7.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 7.2 : Rassel problemler için CPLEX ve DP – Gevşetme çözümü (çok dönemli).

Vaka no	Aday Nokta Sayısı	Tiplere göre sırasıyla 2 dönem önce açılan şube sayısı	Tiplere göre sırasıyla 1 dönem önce açılan şube sayısı	Dönemlere göre sırasıyla açılacak 1. tip şube sayısı	Dönemlere göre sırasıyla açılacak 2. tip şube sayısı	Dönemlere göre sırasıyla açılacak 3. tip şube sayısı	Dönemlere göre sırasıyla açılacak 4. tip şube sayısı	CPLEX (AFD)	CPLEX (Süre)	Başlangıç çözümü (AFD)	Başlangıç çözümü (Süre)	Başlangıç çözümü (CPLEX'e Uzaklık)
1	50	0,0,0	0,0,0	4,5,6,6	2,2,3,3	1,1,1,2	0,0,0,1	12,875	36.000	12,435	196,62	-3,42
2	50	1,0,0	0,0,0	5,5,6,7	1,1,2,3	1,1,1,1	0,0,0,0	12,208	36.000	11,942	232,83	-2,18
3	50	0,0,0	1,0,0	5,6,7,8	2,3,3,4	0,1,2,2	0,1,1,1	15,861	36.000	15,218	276,08	-4,05
4	50	1,0,0	0,0,0	5,6,7,8	2,3,3,4	1,2,2,2	0,0,0,1	15,972	36.000	15,137	204,17	-5,23
5	50	0,0,0	0,0,0	5,6,6,7	2,2,3,4	0,0,1,1	0,0,1,1	13,704	36.000	13,558	243,98	-1,07
6	100	1,0,0	0,0,0	7,8,8,9	2,2,3,4	2,2,2,2	1,1,1,2	20,083	36.000	19,527	274,27	-2,77
7	100	0,0,0	1,0,0	8,8,9,9	3,4,4,5	1,2,2,3	1,1,1,1	21,927	36.000	21,316	281,65	-2,79
8	100	0,0,0	0,0,0	9,9,9,10	4,5,6,6	1,1,2,2	1,1,2,2	25,136	36.000	24,082	105,32	-4,19
9	100	0,0,0	1,0,0	10,11,12,13	4,5,6,7	1,1,1,2	0,0,1,1	27,108	36.000	26,773	112,26	-1,24
10	100	1,0,0	0,0,0	10,11,12,12	4,4,5,6	1,2,2,2	1,1,1,2	27,274	36.000	26,516	183,91	-2,78
11	200	0,1,0	0,0,0	13,13,13,14	6,7,7,8	2,2,3,3	1,1,2,2	35,192	36.000	34,849	216,07	-0,97
12	200	0,0,0	1,1,0	15,16,17,18	7,7,8,8	3,4,4,4	2,2,2,3	43,409	36.000	42,075	225,43	-3,07
13	200	1,0,0	1,1,0	17,18,18,19	8,9,10,10	4,4,5,5	2,3,3,3	49,732	36.000	48,381	294,38	-2,72
14	200	0,0,0	1,0,0	19,20,21,22	8,8,9,9	3,4,5,5	2,2,3,3	51,884	36.000	49,842	335,45	-3,94
15	200	1,0,0	0,0,0	20,21,22,23	8,8,9,9	4,5,5,6	2,2,2,3	52,172	36.000	50,916	264,92	-2,41
16	300	2,0,0	0,1,0	12,13,14,15	5,6,7,8	3,3,4,5	1,2,2,2	35,910	36.000	34,307	386,43	-4,46
17	300	0,0,0	1,0,0	16,18,18,19	7,7,8,8	4,4,4,5	1,1,1,2	44,835	36.000	43,732	275,92	-2,46
18	300	1,1,0	0,0,0	22,23,24,25	9,10,10,11	4,4,5,5	1,1,1,1	56,042	36.000	53,195	378,26	-5,08
19	300	0,0,0	1,1,0	26,27,28,29	11,11,12,12	6,7,8,9	3,3,3,4	71,891	36.000	68,673	290,37	-4,48
20	300	0,0,1,1	1,1,0	30,32,33,33	12,13,14,14	6,6,7,7	3,3,4,4	78,532	36.000	76,292	423,66	-2,85
21	400	1,1,0	0,0,0	22,24,24,26	9,10,11,12	5,6,7,8	1,2,2,3	61,309	36.000	57,405	507,91	-6,37
22	400	1,1,0	1,0,0	28,28,29,30	11,11,12,13	6,7,7,8	1,1,1,2	70,442	36.000	68,357	615,48	-2,96
23	400	0,0,1,0	1,0,0	32,33,34,34	13,14,14,15	6,7,8,8	2,3,3,3	82,537	36.000	79,830	823,72	-3,28
24	400	0,1,0	2,0,1,0	36,38,38,39	15,16,17,17	8,8,9,9	3,4,4,4	94,719	36.000	91,386	913,21	-3,52
25	400	1,1,1,0	1,0,0,1	40,41,43,45	16,17,17,18	8,9,9,9	4,4,5,5	103,508	36.000	100,287	1.086,15	-3,11
26	500	1,0,0	1,0,1,0	32,33,35,36	14,15,15,16	7,8,8,9	1,1,2,2	82,916	36.000	79,362	993,72	-4,29
27	500	0,1,0	1,0,0	38,39,40,41	15,15,16,17	8,9,10,10	2,2,2,3	96,382	36.000	91,573	1.035,23	-4,99
28	500	1,1,0	0,0,1,0	44,45,46,47	17,18,18,19	9,9,10,11	3,3,4,4	110,683	36.000	106,499	1.142,91	-3,78
29	500	0,1,1,0	1,0,0	46,48,48,49	19,20,21,21	10,11,12,13	4,5,5,5	118,472	36.000	107,725	1.304,42	-9,07
30	500	1,0,0,1	0,1,1,0	50,52,54,55	20,21,21,22	10,12,14,14	5,5,6,6	132,837	36.000	126,941	1.694,08	-4,44
31	750	0,0,1,0	0,1,0	56,59,60,61	23,24,24,25	12,13,13,13	1,2,2,2	139,057	36.000	132,605	1.853,41	-4,64
32	750	0,1,0	2,0,1,0	63,65,66,68	25,26,27,28	12,14,14,14	2,3,3,3	155,910	36.000	146,377	2.053,24	-6,11
33	750	1,0,1,0	0,1,0	68,69,70,71	27,28,29,29	14,15,16,16	3,4,4,4	168,282	36.000	159,053	2.394,85	-5,48
34	750	0,1,0	1,0,1,0	72,74,75,76	29,30,30,32	15,15,17,17	5,6,6,6	183,746	36.000	173,112	2.636,11	-5,79
35	750	1,0,1,0	1,1,0,1	75,78,79,80	30,32,33,34	15,16,18,18	5,5,6,6	190,681	36.000	178,694	2.571,02	-6,29
36	1.000	2,0,1,0	2,1,0,0	84,86,88,89	32,33,33,35	16,16,17,18	6,6,7,8	208,153	36.000	198,352	3.705,94	-4,71
37	1.000	1,1,0,1	4,1,2,0	87,88,89,90	34,35,37,37	17,17,18,19	7,8,9,10	217,952	36.000	204,910	3.593,18	-5,98
38	1.000	2,1,2,0	4,2,1,1	92,93,94,95	36,36,38,38	18,18,19,20	8,8,9,9	232,835	36.000	219,643	3.826,50	-5,67
39	1.000	3,2,1,1	3,1,3,0	96,97,98,99	38,39,39,40	19,19,20,20	9,10,10,10	237,886	36.000	218,512	3.910,33	-8,14
40	1.000	5,1,2,1	2,3,2,1	100,100,100,100	40,40,40,40	20,20,20,20	10,10,10,10	243,907	36.000	232,645	4.102,72	-4,62

Çizelge 7.2’de görüldüğü üzere, 10 saat içinde hiçbir problem için CPLEX 12.2 aracılığı ile en iyi çözümün bulunabildiğine dair kanıt bulunmamaktadır. Bu nedenle tek dönemli planlamaya yönelik deneysel çalışmada yapıldığı gibi karşılaştırma amacıyla 10 saat sonunda bulunan en iyi tamsayı değeri referans kabul edilmiştir. 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 aday noktalı 40 adet problem birlikte düşünüldüğünde CPLEX’in

36.000 sn.'lik sürede bulduğu çözüme uzaklık; DP – Gevşetme ile ortalama 1.149,15 sn.'de %4,13 değerindedir.

DP Gevşetme yöntemi ile elde edilen başlangıç çözümüne TA yaklaşımının uygulanabilmesi amacıyla ihtiyaç duyulan parametreler için, tek dönemli planlamadaki deneysel çalışma ile elde edilen en iyi değerlerin kullanılmasına karar verilmiştir. Böylece k_1 ve k_2 sırasıyla 8 ve 12 değerlerini alacaktır. Tabu listesi uzunluğu açısından tek dönemli planlamada en iyi sonuç verdiği gözlenen, her farklı aday nokta sayısına göre değişen değerlerin kullanıldığı yaklaşım olarak 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 aday noktalı problemler için sırasıyla 5, 7, 8, 10, 13, 15, 16 ve 19 kullanılacaktır. Buna göre, DP Gevşetme başlangıç çözümü kullanılarak ve 1.000, 2.500, 5.000, 10.000 şeklinde değişen k_3 sayısına göre çalıştırılarak elde edilen TA ile CPLEX'in karşılaştırmalı sonuçları Çizelge 7.3'te özetlenmiştir.

Çizelge 7.3'te özetlenen sonuçlara göre tüm problemler için 1.000, 2.500, 5.000, 10.000 şeklinde değişen iterasyon sayısında CPLEX'e uzaklık $[1 - (\text{TA ile bulunan çözüm} / \text{CPLEX ile bulunan çözüm})]$ değerlerinin pozitif olması, problem büyüklüğü ve k_3 sayısına bağlı olmaksızın TA'nın CPLEX'e kıyasla daha başarılı olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak DP – Gevşetme ile bulunan başlangıç çözümüne TA uygulanarak, 10 saatlik CPLEX çözümüne kıyasla 1.000 iterasyonda 1.584,51 saniyede %2,78, 2.500 iterasyonda 4.275,79 saniyede %3,94, 5.000 iterasyonda 8.571,05 saniyede %4,47 ve 10.000 iterasyonda 17.542 saniyede %4,76 oranında daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Çizelge 7.3 : Rassal problemler için çok dönemli TA ve CPLEX sonuçları.

Vaka no	Aday nokta sayısı	CPLEX (süre)	TA (süre) 1.000 iterasyon	TA (CPLEX'e uzaklık) 1.000 iterasyon	TA (süre) 2.500 iterasyon	TA (CPLEX'e uzaklık) 2.500 iterasyon	TA (süre) 5.000 iterasyon	TA (CPLEX'e uzaklık) 5.000 iterasyon	TA (süre) 10.000 iterasyon	TA (CPLEX'e uzaklık) 10.000 iterasyon
1	50	36.000	68,15	1,76	198,42	2,58	413,91	3,75	846,01	3,86
2	50	36.000	76,68	2,08	201,51	2,15	428,06	3,38	853,28	3,38
3	50	36.000	74,35	1,39	205,46	2,63	432,55	2,93	858,17	3,05
4	50	36.000	73,92	3,58	201,94	4,02	425,74	4,34	844,29	4,55
5	50	36.000	77,08	3,91	208,35	4,56	430,48	4,98	862,52	5,62
6	100	36.000	83,92	2,72	274,40	3,37	579,16	4,15	1.136,95	4,46
7	100	36.000	89,34	1,58	283,62	1,94	564,29	3,59	1.165,92	4,73
8	100	36.000	85,16	0,94	285,48	1,68	572,14	3,84	1.148,06	4,18
9	100	36.000	86,43	0,65	291,12	2,91	580,42	3,05	1.184,52	4,42
10	100	36.000	84,07	3,17	278,06	5,06	561,83	5,06	1.196,28	5,06
11	200	36.000	112,03	1,28	346,05	3,83	725,40	4,14	1.521,26	4,55
12	200	36.000	109,28	0,93	337,48	2,72	732,69	3,94	1.516,32	4,36
13	200	36.000	112,37	4,61	344,10	5,08	736,49	5,21	1.586,54	5,47
14	200	36.000	107,72	2,84	333,06	3,15	724,63	4,52	1.558,05	4,60
15	200	36.000	110,86	1,73	343,85	2,29	742,16	2,84	1.597,78	3,75
16	300	36.000	743,55	0,94	2.156,18	2,47	4.248,93	3,06	8.591,66	3,42
17	300	36.000	751,94	2,49	2.184,63	3,92	4.305,28	4,21	8.608,48	4,66
18	300	36.000	736,02	4,66	2.188,92	4,83	4.195,77	5,60	8.624,45	5,85
19	300	36.000	753,18	3,42	2.165,04	4,35	4.267,05	4,83	8.618,62	5,02
20	300	36.000	749,42	3,76	2.173,25	5,44	4.204,39	5,92	8.651,25	5,92
21	400	36.000	1.084,35	4,09	3.116,82	4,61	6.157,03	4,61	12.525,49	4,96
22	400	36.000	1.105,37	3,62	3.104,39	4,05	6.182,48	4,42	12.576,01	4,60
23	400	36.000	1.093,52	3,85	3.145,68	4,37	6.212,83	4,98	12.610,18	5,10
24	400	36.000	1.075,08	2,19	3.129,24	3,62	6.205,92	3,94	12.594,62	4,17
25	400	36.000	1.102,41	4,75	3.151,08	5,34	6.187,82	5,56	12.645,11	5,82
26	500	36.000	1.672,33	5,46	4.834,62	5,49	9.415,31	5,79	19.416,18	5,79
27	500	36.000	1.669,25	3,14	4.805,95	4,62	9.450,85	4,62	19.457,49	4,62
28	500	36.000	1.704,30	2,33	4.842,35	3,85	9.386,14	4,05	19.475,36	4,39
29	500	36.000	1.685,48	1,51	4.792,37	3,64	9.407,09	4,37	19.508,72	4,53
30	500	36.000	1.716,94	4,39	4.853,18	5,46	9.426,63	5,60	19.548,96	5,82
31	750	36.000	3.958,42	2,85	10.584,96	3,08	20.948,68	4,03	42.354,13	4,55
32	750	36.000	3.972,19	1,67	10.492,02	3,94	20.852,92	4,15	42.428,60	4,74
33	750	36.000	4.008,72	1,53	10.514,45	3,27	20.894,24	3,94	42.491,83	4,31
34	750	36.000	4.015,37	3,52	10.592,34	4,53	20.915,81	4,53	42.386,14	4,65
35	750	36.000	3.992,26	4,18	10.618,93	4,61	21.073,66	4,82	42.573,26	4,82
36	1.000	36.000	4.835,29	0,73	12.625,41	3,94	26.225,96	4,55	53.169,65	4,73
37	1.000	36.000	4.862,14	3,82	12.610,96	4,16	25.849,47	4,92	53.492,37	5,06
38	1.000	36.000	4.916,51	3,27	12.716,48	5,82	25.836,90	5,96	53.681,08	5,96
39	1.000	36.000	4.932,28	2,94	12.684,10	4,77	26.108,08	5,08	53.846,72	5,49
40	1.000	36.000	4.892,73	2,86	12.815,37	5,36	26.232,69	5,36	53.927,83	5,36
ORTALAMA		36.000	1.584,51	2,78	4275,79	3,94	8.571,05	4,47	17.542,00	4,76

8. BİR TÜRK BANKASININ İSTANBUL'DAKİ ŞUBELERİ İÇİN EN UYGUN YERLEŞİM YERİ BULUNMASI

Bankalar için en uygun şube yerlerinin tespit edilmesi amacıyla hazırlanan tez kapsamında önerilen yöntemlerin gerçek hayatta uygunluğunun izlenebilmesi için Türkiye'de hizmet veren büyük bir bankanın İstanbul'daki şubeleri için, önerilen metodoloji kullanılarak tek ve çok dönemli yer seçimi yapılacaktır. Matematiksel modellerin Beşiktaş üzerinden doğrulanması sırasında bahsedildiği üzere gerçekçi bir analizin gerçekleştirilmesi amacıyla planlamanın mahalle bazlı yapılmasına karar verilmiş olup, modelin uygulanması için gerekli veriler (mahalle bazlı) toplanmıştır. Bu bağlamda; 763 adet mahalleye sahip olan İstanbul'daki tüm mahallelerin, toplam nüfus, eğitim düzeyi (okuma – yazma bilmeyen, okuma – yazma bilen fakat bir okul bitirmeyen, ilkokul mezunu, ilköğretim mezunu, ortaokul veya dengi okul mezunu, lise veya dengi okul mezunu, yüksek öğretim mezunu sayısı), yazlık sayısı, ticari potansiyeli (işyeri, alışveriş yapılan yer, otopark, finansal işletme, oto servis sayısı), sosyal potansiyeli (eğitim yeri, hastane, eğlence yeri sayısı), rakip banka şube sayısı ve ortalama hane geliri verileri toplanmıştır. Toplanan verilerden yararlanılarak potansiyel müşteri sayısı ile büyüme potansiyeli hesaplanmıştır. Önerilen matematiksel modelin amaç fonksiyonunda kullanılmak üzere, birbirine yakın mahallelerde şube açılmasını cezalandırmak için mahalleler arası mesafe bilgisinin hesaplanması amacıyla CBS'den yararlanılmıştır. Mevcut durumda uygulama bankasının faaliyetteki şubelerinin bulunduğu mahalleler için bu şubelerin bulunduğu koordinatlar, diğer mahalleler için merkez nokta referans alınmış, ayrıca hâlihazırda birden fazla şube olan mahalleler için bireysel şubenin bulunduğu nokta göz önünde bulundurulmuştur. CBS aracılığıyla merkez noktaların göl, orman vs. olup olmadığı kontrol edilmiş; göl, orman vb. olması halinde yakındaki bir cadde referans alınarak *ulaşım ağı üzerinden* şube açılışı için aday mahallelerin birbirine olan uzaklığı hesaplanmış, uzaklık bilgisinden yararlanarak ulaşım kolaylığı elde edilmiştir.

Söz konusu bankanın İstanbul'da hizmet veren şubelerinin segment (bireysel, ticari, girişimci, kurumsal), açılış tarihi ve hangi mahallede yer aldığı bilgisi edinilmiştir. İstanbul'da hizmet veren toplam 185 şubesi olan bankanın; bireysel şube sayısı 152, girişimci sayısı 18, ticari şube sayısı 12 ve kurumsal şube sayısı 3'tür. Sektörde deneyimli uzmanların görüşünden yararlanarak, ikili karşılaştırma ile önceki aşamalarda elde edilen kriterlerin önem seviyesi kullanılarak, önerilen matematiksel model aracılığıyla bankanın İstanbul'daki şubeleri için en uygun yer bulunacaktır. Bölüm 4.5'te ispatlandığı ve Bölüm 4.4 ile 6.3'te doğrulandığı üzere, aday nokta sayısının büyüklüğü dolayısıyla önerilen matematiksel modellerin İstanbul için en iyi çözümünün bulunması zor olduğu için tek dönemli planlama için 3 farklı ve çok dönemli planlama için bir başlangıç çözümü üzerine TA yöntemi uygulanarak uygulama bankasının İstanbul'daki şubeleri için en uygun yerleşim yeri tespit edilecektir.

8.1. Tek Dönemli Planlama

Mevcut durumda 763 aday noktası olan İstanbul'da, uygulama bankasının faaliyette olan 152 adet bireysel şubesinin 16 tanesi, 18 adet girişimci şubesinin 10 tanesi, 12 adet ticari şubesinin 10 tanesi ve 3 adet kurumsal şubesinin 1 tanesi son 3 yıl içinde açıldığı için kapatılamayacaktır. Son 3 yıl içinde açıldığı için kapatılamayacak olan şubelerin detayları Çizelge 8.1'de verilmiştir.

Çizelge 8.1 : Son 3 yıl içinde açıldığı için kapatılamayacak olan şubeler.

Şube adı	İlçe	Şube tipi
Örnek Mahallesi	Ataşehir	Bireysel
Cihangir	Avcılar	Bireysel
Radar - Yenibosna	Bahçelievler	Bireysel
Osmaniye	Bakırköy	Bireysel
Başakşehir	Başakşehir	Bireysel
Altıntepsi	Bayrampaşa	Bireysel
Kuru Gıda Hali	Bayrampaşa	Bireysel
Atışalanı Caddesi	Esenler	Bireysel
Fındıkzade	Fatih	Bireysel
Sanayi Mahallesi	Kağıthane	Bireysel
Yakacık	Kartal	Bireysel
Çarşı - Sefaköy	Küçükçekmece	Bireysel
İdealtepe	Maltepe	Bireysel
Tuzla Kaymakamlığı	Tuzla	Bireysel
Bürosu	Tuzla	Bireysel
Çakmak	Ümraniye	Bireysel
Dudullu	Ümraniye	Bireysel
Güneşli	Bağcılar	Girişimci
İkitelli	Başakşehir	Girişimci
Bayrampaşa	Bayrampaşa	Girişimci
Hadımköy	Esenyurt	Girişimci
Dolayoba	Pendik	Girişimci
Sultanbeyli	Sultanbeyli	Girişimci
Maslak	Şişli	Girişimci
Perpa	Şişli	Girişimci
İçmeler	Tuzla	Girişimci
Tuzla OSB	Tuzla	Girişimci
Güneşli	Bağcılar	Ticari
İkitelli	Başakşehir	Ticari
Bayrampaşa	Bayrampaşa	Ticari
Levent	Beşiktaş	Ticari
Hadımköy	Esenyurt	Ticari
Bahçekapı	Fatih	Ticari
Merter	Güngören	Ticari
Kadıköy	Kadıköy	Ticari
Dolayoba	Pendik	Ticari
Şişli	Şişli	Ticari
Güneşli	Bağcılar	Kurumsal

8.1.1. Tek dönemli TA sonuçları

Banka yönetimi, yeni planlama döneminde İstanbul'daki açık bireysel şube sayısını 9, girişimci şube sayısını 2 ve ticari şube sayısını 1 adet arttırmayı hedeflemektedir. Böylece İstanbul'da 161 adet bireysel, 20 adet girişimci ve 13 adet ticari şube ile hizmet vermek istemekte, 3 olan kurumsal şube sayısında bir değişiklik öngörmemektedir. Deneysel çalışmada rassal veriler için elde edilen en iyi parametre değerleri kullanıldığı takdirde uygulama bankasının İstanbul'daki şubelerinin en uygun yerlerin belirlenmesi konusunda da başarılı sonuçlar elde edileceği düşünülmüştür. Böylece 763 adet mahalleye sahip İstanbul için, tabu listesi uzunluğu olarak aday nokta sayısı 750 olan rassal problemler için elde edilen en iyi değer (16) kullanılmıştır. Ayrıca k_1 ve k_2 için sırasıyla 8 ve 12 değerleri kullanılarak $k_3 = \{2.500, 5.000, 10.000\}$ iterasyonda önerilen en iyi başlangıç çözümü olan DP – Gevşetme kullanılarak TA - 2 ile elde edilen CPLEX'in karşılaştırmalı sonuçları Çizelge 8.2'de özetlenmiştir.

Çizelge 8.2 : Bir Türk bankası için İstanbul'da tek dönemli şube yeri seçimi (TA – 2).

Tiplere göre planlama döneminde açılabilen şube sayısı	CPLEX (AFD)	CPLEX Süre (sn.)	Başlangıç çözümü 2 (AFD)	Başlangıç çözümü 2 süre (sn.)	Başlangıç çözümü 2 (CPLEX'e uzaklık)	TA - 2 (süre) 2.500 iterasyon	TA - 2 (CPLEX'e uzaklık) 2.500 iterasyon	TA - 2 (Süre) 5.000 iterasyon	TA - 2 (CPLEX'e uzaklık) 5.000 iterasyon	TA - 2 (süre) 10.000 iterasyon	TA - 2 (CPLEX'e uzaklık) 10.000 iterasyon
161,20,13,3	38,871	36.000	32,836	327,55	-15,53%	2.148,70	0,032%	3.968,13	0,032%	7.786,96	0,032%

763 adet aday noktası olan İstanbul için en iyi çözümün bulunamaması nedeniyle CPLEX'in 10 saat sonunda bulduğu değer referans alınmıştır. Çizelge 8.2'de gösterildiği üzere TA – 2 ile 2.500 iterasyonda bulunan değer, iterasyon sayısı arttırıldıkça değişmemiş olup CPLEX'e kıyasla %0,032 daha iyi sonuç elde edilmiştir. Uygulama bankasının İstanbul'daki mevcut şubelerinin bulunduğu mahalleler ile önerilen yöntem (TA – 2) kullanılarak 10.000 iterasyon sonucunda elde edilen mahalleler kıyaslandığında; mevcut 12 adet bireysel şubenin kapatılarak ilave $161 - 152 = 9$ şube ile birlikte 21 adet yeni bireysel; mevcut 5 adet girişimci şubenin kapatılarak ilave $20 - 18 = 2$ şube ile birlikte 7 adet yeni girişimci; mevcut 2 adet ticari şubenin kapatılarak ilave $13 - 12 = 1$ şube ile birlikte 3 adet yeni girişimci şube açılmıştır. İstanbul'da faaliyette olan kurumsal şube sayısı (3) değişmemiş ancak mevcut şubelerden biri kapatılarak yerine yeni bir şube hizmete başlamıştır. TA – 2 kullanılarak $k_3 = 10.000$

iterasyon sonucunda, uygulama bankasının İstanbul'da kapatılması planlanan ve yeni açılması önerilen şubeleri, Çizelge 8.3'te özetlenmiştir.

Çizelge 8.3 : TA sonuçlarına göre uygulama bankasının tek dönemli şube yeri değişikliği.

Şube Tipi		TA - 2 (İlçe - Mahalle)
Kapatılan Şubeler	Bireysel	Bahçelievler-Siyavuşpaşa; Bahçelievler-Çobançeşme; Bakırköy-Zeytinlik; Beylikdüzü-Barış; Beyoğlu-Tomtom; Eyüp-Karadeniz; Fatih-Saraç İshak; Güngören-Güven; Kadıköy-Eğitim; Kağıthane-Ortabayır; Küçükçekmece-Fatih; Küçükçekmece-Tevfikbey;
	Girişimci	Bağcılar-Evren; Başakşehir-Ziya Gökalp; Beylikdüzü-Barış; Şişli-Kaptanpaşa; Tuzla-Aydınlı
	Ticari	Bayrampaşa-Muratpaşa; Güngören-Mehmet Nesih Özmen
Kurumsal		Bağcılar-Evren
Açılan Şubeler	Bireysel	Küçükçekmece-Halkalı Merkez; Üsküdar-Kandilli; Üsküdar-Salacak; Maltepe-Zümrütevler; Şişli-Esentepe; Ataşehir-Barbaros; Bakırköy-Zuhuratbaba; Şişli-Fulya; Ümraniye-İstiklal; Pendik-Yenişehir; Bahçelievler-Hürriyet; Esenler-Kazım Karabekir; Bakırköy-Sakız Ağacı; Ataşehir-Fetih; Sarıyer-Bahçeköy Yeni; Sultanbeyli-Hasanpaşa; Çekmeköy-Aydınlı; Kartal-Yalı; Gaziosmanpaşa-Sultançiftliği; Ataşehir-Mimar Sinan; Zeytinburnu-Telsiz
	Girişimci	Beşiktaş-Akat; Sarıyer-İstinye; Şişli-Teşvikiye, Kadıköy-Suadiye; Avcılar-Denizköşkler; Pendik-Yenişehir; Kartal-Cevizli
	Ticari	Şişli-Esentepe; Beşiktaş-Bebek; Kadıköy-Caddebostan
	Kurumsal	Ümraniye-Yukarı Dudullu

Kapatılan şubeler incelendiğinde, aynı mahallede birden fazla aynı tip şubenin hizmet vermekte olduğu ya da hâlihazırda bu şubelerin bulunduğu mahallelere yakın yerlerde aynı tip şubenin faaliyette olduğu / yeni açıldığı görülmüştür. Öte yandan yeni açılan şubeler incelendiğinde ikili karşılaştırma sonucunda elde edilen önem seviyesinin yüksek olmasının etkisiyle işlem hacmi fazla olan ve/veya çok yakın mesafede aynı tip şubenin bulunmadığı mahallelerin tercih edildiği gözlemlenmiştir.

8.1.2. Tek dönemli TA için duyarlılık analizi

Tek dönemli matematiksel modelin doğrulanması amacıyla Beşiktaş üzerinden Bölüm 5.3.1'de gerçekleştirildiği gibi, TA - 2 ile İstanbul için elde edilen sonuçların parametrelerdeki değişimlere karşı hassasiyetinin ölçülmesi amacıyla duyarlılık analizinin yapılması hedeflenmektedir. Bu bağlamda, her bir şube tipi için 4 ana kriterin ağırlığı ayrı ayrı +%10 ve -%10 ile +%20 ve -%20 oranında değiştirilmiştir. Ana kriter

ağırlıklarının %10 oranında artması ya da azalması durumunda $k_3 = 10.000$ iterasyon sonucunda TA – 2 ile elde edilen sonucun değişmediği, ayrıca şube açma ve kapama maliyetlerinin ağırlığının %20 oranında artması-azalması durumunda da sonucun değişmediği, sadece önem değeri yüksek olan işlem hacmi ve şubeler arası mesafenin ağırlığının %20 oranında artması ya da azalması durumunda detayları aşağıda verildiği üzere çözümün küçük çapta değiştiği görülmüştür.

İşlem hacminin ağırlığı %20 oranında arttırıldığında Bakırköy-Zeytinlik mahallesi ile Güngören-Güven mahallesinde yer alan bireysel şubelerin kapatılmadığı, Pendik-Yenişehir mahallesi ile Sultanbeyli-Hasanpaşa mahallelerinde bireysel şubelerin açılmadığı; Şişli-Kaptanpaşa mahallesindeki girişimci şubenin kapatılmadığı ve Avcılar-Denizköşkler mahallesinde girişimci şubenin açılmadığı, öte yandan ticari ve kurumsal şubelerin durumunda bir değişiklik olmadığı görülmüştür. İşlem hacminin ağırlığının %20 oranında azaltılması halinde ise Beylikdüzü-Barış, Beyoğlu-Tomtom ve Kağıthane-Ortabayır mahallelerindeki 3 şubenin kapatılmadığı; Şişli-Esentepe, Bakırköy-Zuhuratbaba, Esenler-Kazım Karabekir ve Kartal-Yalı mahallelerinde bireysel şubelerin açılmadığı, kalan bir bireysel şubenin açılışı için Bağcılar-Demirkapı mahallesinin seçildiği, girişimci şube açısından Beylikdüzü-Barış mahallesindeki şubenin kapatılmadığı ve Avcılar-Denizköşkler mahallesinde yeni şubenin açılmadığı, ticari ve kurumsal şubelerin açma-kapama durumunda ise bir değişiklik olmadığı görülmüştür.

Ağırlığı %20 oranında artan şubeler arası mesafe ile (işlem hacminin ağırlığının %20 oranında azalmasına benzer şekilde), Beylikdüzü-Barış ve Kağıthane-Ortabayır mahallelerindeki bireysel şubelerin kapatılmadığı; Şişli-Esentepe ile Esenler-Kazım Karabekir mahallerinde yeni bireysel şube açılmadığı; girişimci, ticari ve kurumsal şubelerin durumunda bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Ağırlığı %20 oranında azalan şubeler arası mesafe ile (işlem hacminin ağırlığının %20 oranında artmasına benzer şekilde), Bakırköy-Zeytinlik mahallesinde yer alan bireysel şubenin kapatılmadığı ve Sultanbeyli-Hasanpaşa mahallesinde bireysel şubenin açılmadığı; öte yandan girişimci, ticari ve kurumsal şubelerin durumunda bir değişiklik olmadığı görülmüştür.

İstanbul'daki tek dönemli planlama için TA – 2 ile elde edilen sonuçlara yönelik ana kriterler üzerinden yapılan duyarlılık analizinin sonuçları Çizelge 8.4'te özetlenmiştir.

Çizelge 8.4 : TA – 2 ile İstanbul'daki tek dönemli planlamanın duyarlılık analizi.

	Değişim Oranı	Değişiklik
Orijinal Çözüm	-	Çizelge 8.3
	+20%	Bakırköy-Zeytinlik mahallesi ile Güngören-Güven mahallesinde yer alan bireysel şubeleri kapama, Pendik-Yenişehir mahallesi ile Sultanbeyli-Hasanpaşa mahallelerinde bireysel şubeleri açma; Şişli-Kaptanpaşa mahallesindeki girişimci şubeyi kapama ve Avcılar-Denizköşkler mahallesinde girişimci şubenin açma.
	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
İşlem hacmi	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Beylikdüzü-Barış, Beyoğlu-Tomtom ve Kağıthane-Ortabayır mahallelerindeki bireysel şubeleri kapama; Şişli-Esentepe, Bakırköy-Zuhuratbaba, Esenler-Kazım Karabekir ve Kartal-Yalı mahallelerinde bireysel şubeleri açma, kalan bir bireysel şubenin açılışı için Bağcılar-Demirkapı mahallesini seç. Beylikdüzü-Barış mahallesindeki girişimci şubeyi kapama ve yerine Avcılar-Denizköşkler mahallesinde girişimci şube açma.
	+20%	Beylikdüzü-Barış ve Kağıthane-Ortabayır mahallelerindeki bireysel şubeleri kapama; Şişli-Esentepe ile Esenler-Kazım Karabekir mahallerinde yeni bireysel şube açma.
Şubeler arası mesafe	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Bakırköy-Zeytinlik mahallesinde yer alan bireysel şubeyi kapama ve Sultanbeyli-Hasanpaşa mahallesinde bireysel şube açma.
	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Şube açma maliyeti	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Şube kapama maliyeti	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.

Sonuç olarak, ana kriterlerin ağırlığının %10 oranında artması - azalması durumunda TA – 2 ile elde edilen için sonucun değişmemesi ve %20 oranında artması - azalması durumunda çözümün küçük çapta etkilenmesine bağlı olarak tek dönemli planlama için önerilen TA'nın yeterince gürbüz olduğu görülmüştür.

8.2. Çok Dönemli Planlama

Stratejik plan dâhilinde bankanın İstanbul'daki şubeleri için en uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla çok dönemli yöntemin de uygulanmasına karar verilmiştir.

8.2.1. Çok dönemli TA sonuçları

Mevcut durumda İstanbul’da 152 bireysel, 18 girişimci, 12 ticari ve 3 kurumsal şubesi hizmet veren banka için (ilk dönem koşulları tek dönemli planlama ile aynı olmak kaydıyla) çok dönemli planlama kapsamında şubelerin en iyi yerleşim yeri analiz edilmiştir. Tek dönemli planlamada olduğu gibi 763 adet mahalleye sahip İstanbul için tabu listesi uzunluğu olarak 16, k_1 ve k_2 için sırasıyla 8 ve 12 değerleri kullanılarak $k_3 = \{2.500, 5.000, 10.000\}$ iterasyonda önerilen DP - Gevşetme başlangıç çözümü ile elde edilen TA ile CPLEX’in karşılaştırmalı sonuçları Çizelge 8.5’te özetlenmiştir.

Çizelge 8.5 : Bir Türk bankası için İstanbul’da çok dönemli şube yeri seçimi (TA).

Dönemlere göre sırasıyla 1. tip şube sayısı	Dönemlere göre sırasıyla 2. tip şube sayısı	Dönemlere göre sırasıyla 3. tip şube sayısı	Dönemlere göre sırasıyla 4. tip şube sayısı	CPLEX (AFD)	CPLEX süre (sn.)	Başlangıç çözümü (AFD)	Başlangıç çözümü süre (sn.)	Başlangıç çözümü (CPLEX’e uzaklık)	TA (süre) 2.500 iterasyon	TA (CPLEX’e uzaklık) 2.500 iterasyon	TA (süre) 5.000 iterasyon	TA (CPLEX’e uzaklık) 5.000 iterasyon	TA (süre) 10.000 iterasyon	TA (CPLEX’e uzaklık) 10.000 iterasyon
161,169,175,183	20,23,25,28	13,13,15,16	3,4,4,5	160,814	36.000	104,782	1.415,07	-34,84%	8.572,29	0,24%	17.515,38	0,29%	34.970,53	0,37%

İstanbul için CPLEX ile en iyi çözümün bulunamaması nedeniyle 10 saat sonunda bulunan değer referans alınmıştır. Çizelge 8.5’te yer alan bilgilere göre CPLEX’in 36.000 saniyede bulunduğu değere kıyasla daha kısa sürede, TA ile 2.500 iterasyonda %0,24; 5.000 iterasyonda %0,29 ve 10.000 iterasyonda ise %0,37 oranında daha yüksek değer bulunmuştur. Uygulama bankasının İstanbul’daki mevcut şubelerinin bulunduğu mahalleler ile çok dönemli planlama kapsamında önerilen yöntem kullanılarak 10.000 iterasyon sonucunda elde edilen mahalleler kıyaslandığında; her tip için açılacak şube sayısı aynı olmasına rağmen birinci dönem için elde edilen çözüme kıyasla ilave 2 adet daha (toplam 14) şubenin kapatılması ile $14 + (161 - 152) =$ toplam 23 adet yeni bireysel şubenin açıldığı görülmüştür. (Avcılar ilçesinin Ambarlı ve Büyükçekmece ilçesinin Dızdariye mahallesindeki bireysel şubeler kapatılıp, bunların yerine Fatih-Kemal Paşa ve Başakşehir-Başak mahallelerinde şube açılması önerilmektedir). Öte yandan girişimci, ticari ve kurumsal şubeler açısından ilk dönem çözümü, tek dönemli planlama ile aynıdır.

İkinci dönem, mevcut açık 2 adet bireysel şube kapatılarak, açılacak 169-161 = 8 adet şube ile birlikte 10 adet yeni bireysel şube açılmış, 1 adet girişimci şube kapatılarak açılacak 23-20=3 şube ile birlikte 4 yeni girişimci şube açılmıştır. Açılacak ticari şube sayısının (13) değişmemesi ve mevcut durumda hizmet veren ticari şubelerin

kapatılmaması dolayısıyla ticari şubeler açısından bir değişiklik olmamıştır. Ayrıca mevcut kurumsal şubeler kapatılmamış, 4-3=1 adet yeni kurumsal şube açılmıştır. Sonuç olarak olurluluk koşulu olan her şubenin en az 3 yıl süreyle hizmet verme kısıtının da etkisiyle, $k_3 = 10.000$ iterasyon ile edilen çözüme göre uygulama bankasının İstanbul'da kapatılması planlanan ve yeni açılması önerilen şubeleri, dönem bazlı olarak Çizelge 8.6'da özetlenmiştir.

Çizelge 8.6 : TA sonuçlarına göre uygulama bankasının çok dönemli şube yeri değişikliği.

Şube tipi	Mevcut duruma kıyasla 1. dönem için TA sonuçları (ilçe - mahalle)	1. döneme kıyasla 2. dönem için TA sonuçları (ilçe - mahalle)	2. döneme kıyasla 3. dönem için TA sonuçları (ilçe - mahalle)	3. döneme kıyasla 4. dönem için TA sonuçları (ilçe - mahalle)	
Kapatılan Şubeler	Bireysel	Bahçelievler-Siyavuşpaşa; Bahçelievler-Çobançeşme; Bakırköy-Zeytinlik; Beylikdüzü-Barış; Beyoğlu-Tomtomb; Eyüp-Karadeniz; Fatih-Saraç İshak; Güngören-Güven; Kadıköy-Eğitim; Kağıthane-Ortabayır; Küçükçekmece-Fatih; Küçükçekmece-Tevfikbey; Avcılar-Ambarlı; Büyükçekmece-Dizdarıye	Beyoğlu-Galatasaray; Şile-Ağva	Şişli-Harbiye Kongre Vadisi	
	Girişimci	Bağcılar-Evren; Başakşehir-Ziya Gökalp; Beylikdüzü-Barış; Şişli-Kaptanpaşa; Tuzla-Aydınlı	Beylikdüzü-Barış	Fatih-Süleymaniye	
	Ticari	Bayrampaşa-Muratpaşa; Güngören-Mehmet Nesih Özmen	-	-	Kadıköy-Kozyatağı
	Kurumsal	Bağcılar-Evren	-	-	-
Açılan Şubeler	Bireysel	Küçükçekmece-Halkalı Merkez; Üsküdar-Kandilli; Üsküdar-Salacak; Maltepe-Zümrütevler; Şişli-Esentepe; Ataşehir-Barbaros; Bakırköy-Zuhuratbaba; Şişli-Fulya; Ümraniye-İstiklal; Pendik-Yenişehir; Bahçelievler-Hürriyet; Esenler-Kazım Karabekir; Bakırköy-Sakız Ağacı; Ataşehir-Fetih; Sarıyer-Bahçeköy Yeni; Sultanbeyli-Hasanpaşa; Çekmeköy-Aydınlı; Kartal-Yalı; Gaziosmanpaşa-Sultançiftliği; Ataşehir-Mimar Sinan; Zeytinburnu-Telsiz; Fatih-Kemal Paşa; Başakşehir-Başak	Sultangazi-İsmetpaşa; Eyüp-Yeşilpınar; Kartal-Esentepe; Avcılar-Yeşilkent; Esenyurt-Fatih; Kadıköy-Feneryolu; Bahçelievler-Kocasinan; Ataşehir-Kayışdağı; Beyoğlu-Halıcıoğlu; Küçükçekmece-Cumhuriyet	Esenyurt-İstiklal; Ataşehir-Mevlana; Bakırköy-Cevizlik; Beşiktaş-Akat; Zeytinburnu-Yeşiltepe; Çekmeköy-Merkez; Üsküdar-Altunizade	Bağcılar-Fatih; Beykoz-Göztepe; Esenler-Mimar Sinan; Kartal-Yakacık Yeni; Ümraniye-Tatlısu; Üsküdar-Ferah; Şişli-İnönü; Eyüp-Nişancı
	Girişimci	Beşiktaş-Akat; Sarıyer-İstinye; Şişli-Teşvikiye, Kadıköy-Suadiye; Avcılar-Denizköşkler; Pendik-Yenişehir; Kartal-Cevizli	Küçükçekmece-Atakent; Üsküdar-Acıbadem; Kadıköy-Erenköy; Sarıyer-Reşitpaşa	Esenler-Turgut Reis; Beykoz-Kanlıca	Bakırköy-Şenlikköy; Sultangazi-50. Yıl; Maltepe-Zümrütevler; Bağcılar-Demirkapı
	Ticari	Şişli-Esentepe; Beşiktaş-Bebek; Kadıköy-Caddebostan	-	Esenyurt-Atatürk; Beşiktaş-Nispetiye	Ümraniye-Esenşehir; Şişli-Teşvikiye
	Kurumsal	Ümraniye-Yukarı Dudullu	Güngören-Merkez	-	Esenyurt-Merkez

8.2.2. Çok dönemli TA için duyarlılık analizi

Tek dönemli TA'nın doğrulanması amacıyla İstanbul üzerinden Bölüm 8.1.2'de gerçekleştirildiği gibi, DP Gevşetme ile oluşturulan başlangıç çözümüne çok dönemli TA uygulanması sonucunda elde edilen çözümlere yönelik duyarlılık analizinin yapılması amacıyla her bir şube tipi için 4 ana kriterin ağırlığı ayrı ayrı +%10 ve -%10 ile +%20 ve -%20 oranında değiştirilmiştir. Tek dönemli TA'da olduğu üzere ana kriter ağırlıklarının %10 oranında artması ya da azalması durumunda $k_3 = 10.000$ iterasyon sonucunda TA sonucunun değişmediği, %20 oranında artma-azalma durumunda ise ağırlığı değişen kritere bağlı olarak detayları aşağıda verildiği üzere çözümün küçük çapta değiştiği görülmüştür.

İşlem hacminin ağırlığı %20 oranında arttırıldığında birinci dönem; Güngören-Güven mahallesi ile Avcılar-Ambarlı mahallelerinde yer alan bireysel şubelerin kapatılmadığı, Pendik-Yenişehir ve Başakşehir-Başak mahallelerinde bireysel şubelerin açılmadığı, Pendik-Yenişehir yerine Kadıköy-Göztepe mahallesinde girişimci şubenin açıldığı, öte yandan ticari ve kurumsal şubelerin durumunda bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Bireysel ve girişimci şubelerin 2., 3. ve 4. dönem, ticari ve kurumsal şubelerin ise dört dönem boyunca açma-kapama durumunda bir değişiklik olmamıştır.

İşlem hacminin ağırlığının %20 oranında azaltılması halinde ise birinci dönem; Beylikdüzü-Barış ve Kâğıthane-Ortabayır mahallelerindeki bireysel şubelerin kapatılmadığı; Esenler-Kazım Karabekir ve Kartal-Yalı mahallelerinde bireysel şubelerin açılmadığı, girişimci şube açısından Tuzla-Aydınlı mahallesindeki şubenin kapatılmadığı ve Kartal-Cevizli mahallesinde yeni şubenin açılmadığı, ticari ve kurumsal şubeler ile ilgili bir değişikliğin olmadığı görülmüştür. 2., 3. ve 4. dönem, hiçbir şube tipi için açılan – kapanan şubeler konusunda bir değişiklik olmamıştır.

Ağırlığı %20 oranında artan şubeler arası mesafe ile birinci dönem (işlem hacminin ağırlığının %20 oranında azalmasına benzer şekilde), Beylikdüzü-Barış ve Kâğıthane-Ortabayır mahallelerindeki bireysel şubelerin kapatılmadığı; Esenler-Kazım Karabekir ile Çekmeköy-Aydınlı mahallerinde yeni bireysel şube açılmadığı; girişimci, ticari ve kurumsal şubelerin durumunda bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Ağırlığı %20 oranında azalan şubeler arası mesafe ile birinci dönem (işlem hacminin ağırlığının %20

oranında artmasına benzer şekilde), Avcılar-Ambarlı mahallesinde yer alan bireysel şubenin kapatılmadığı ve Başakşehir-Başak mahallesinde bireysel şubenin açılmadığı; öte yandan girişimci, ticari ve kurumsal şubelerin durumunda bir değişiklik olmadığı görülmüştür. İşlem hacmine benzer şekilde şubeler arası mesafe maliyetinin de %20 oranında artması ya da azalması durumunda hiçbir şube tipi için 2., 3. ve 4. dönem çözümleri değişmemiştir.

Tek dönemli TA'da olduğu gibi çok dönemli TA'da da (ağırlıklarının düşük olmasının etkisiyle) şube açma ve kapama maliyetinin %10 ve %20 oranında değişiminin hiçbir şube tipi ve dönem için çözümü etkilemediği görülmüştür.

İstanbul'daki çok dönemli planlama için TA ile elde edilen sonuçlara yönelik ana kriterler üzerinden yapılan duyarlılık analizinin sonuçları Çizelge 8.7'de özetlenmiştir.

Çizelge 8.7 : TA ile İstanbul'daki çok dönemli planlamanın duyarlılık analizi.

	Değişim Oranı	Değişiklik
Orijinal Çözüm	-	Çizelge 8.6
	+20%	Birinci dönem; Güngören-Güven mahallesi ile Avcılar-Ambarlı mahallelerinde yer alan bireysel şubelerin kapama, Pendik-Yenişehir ve Başakşehir-Başak mahallelerinde bireysel şubelerin açma, Pendik-Yenişehir yerine Kadıköy-Göztepe mahallesinde girişimci şube aç.
İşlem hacmi	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Birinci dönem; Beylikdüzü-Barış ve Kâğıthane-Ortabayır mahallelerindeki bireysel şubeleri kapama, Esenler-Kazım Karabekir ve Kartal-Yalı mahallelerinde bireysel şubeleri açma, Tuzla-Aydınlı mahallesindeki girişimci şubeyi kapama ve Kartal-Cevizli mahallesinde yeni girişimci şube açma.
	+20%	Beylikdüzü-Barış ve Kâğıthane-Ortabayır mahallelerindeki bireysel şubeleri kapama; Esenler-Kazım Karabekir ile Çekmeköy-Aydınlı mahallerinde yeni bireysel şube açma.
Şubeler arası mesafe	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Avcılar-Ambarlı mahallesinde yer alan bireysel şubeyi kapama ve Başakşehir-Başak mahallesinde bireysel şube açma.
	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Şube açma maliyeti	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.
	+20%	Orijinal çözüm ile aynı.
Şube kapama maliyeti	+10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-10%	Orijinal çözüm ile aynı.
	-20%	Orijinal çözüm ile aynı.

Sonuç olarak, tek dönemli TA'da olduğu gibi ana kriterlerin ağırlığının %10 oranında artması - azalması durumunda hiçbir şube tipi için dört dönem boyunca sonucun değişmemesi ve %20 oranında artması - azalması durumunda sadece bireysel ve girişimci şubelerin birinci dönem çözümünün küçük çapta değişmesine bağlı olarak çok dönemli planlama için önerilen TA'nın yeterince gürbüz olduğu görülmüştür.

9. SONUÇLAR

Bu çalışma sayesinde yapılan sektör araştırması ile, çoğu bankanın şube yeri seçimi için bilimsel bir metodoloji izlemediği, stratejisi gereği belirlenen (diğer bankaların hizmet verdiği, alışveriş merkezleri, sanayi bölgeleri, üniversiteler vb.) noktalarda genellikle detaylı analiz yapmadan yeni şube açtığı, böylece yeni açılacak şubelerin rekabet ve kârlılığa etkisini, potansiyel ve mevcut müşteriler ile etkin iletişime katkısını önceden hesaba katmadığı görülmüştür.

Bu doktora tezinde, tek ve çok dönemli planlama yoluyla banka şubelerinin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesine yönelik yöntem sunulmuştur. Öncelikle kapsamlı bir yazın taraması yapılmış ve şube yer seçimi ile ilgili mevcut çalışmalarda ortak karar setinin olmadığı, bankanın izlediği vizyon ve strateji ile planlamanın yapıldığı ile bağlı olarak ele alınan değişkenlerin farklılık gösterebildiği görülmüştür. Bu çalışmada, uzman görüşü ve yazın taraması sayesinde banka şubeleri için uygun yerlerin belirlenmesinde etkin olan kriterler belirlenmiş, farklı bankalarda görev alan uzmanların görüşünden yararlanarak ikili karşılaştırma yoluyla kriterlerin önem düzeyi tespit edilmiştir.

Çalışmada, banka şubeleri için tek ve çok dönemli olarak en iyi yerleşim yerinin bulunmasına yönelik problemin çözümü için iki matematiksel model geliştirilmiş, böylece bankaların kısa ve uzun vadeli planlamasına katkı sağlanmıştır. Tek dönemli modelde, her şube tipinden açılacak en büyük sayıda şube kısıtı ve belli noktalarda hizmet vermekte olan şubelerin kapatılmaması kısıtı ile bankanın bir yıllık net kazancının en büyüklenmesi, çok dönemli modelde ise ayrıca yeni açılan bir şubenin en az 3 yıl boyunca hizmet verme zorunluluğu dâhilinde bankanın 4 yıllık toplam net kazancının en büyüklenmesi hedeflenmiştir. Rassal veriler aracılığıyla doğrulanan iki matematiksel modelin de NP-Zor olduğu, aday nokta sayısının büyük olduğu problemlerde en iyi çözümün bulunamadığı görülmüş, böylece meta sezgisel yöntem

olan TA geliştirilmiştir. Önerilen TA yönteminde, tek dönemli modelin çözümü için 3 olurlu, çok dönemli modelin çözümü için bir (olurlu) başlangıç çözümü kullanılmıştır. Rassal veriler üzerinde doğrulanan metodoloji, Türkiye’de hizmet veren bir bankanın İstanbul’daki şubelerinin tek ve çok dönemli planlaması üzerinde uygulanmış, ayrıca modelin tutarlılığı ve sonuçların gürbüzlüğünün test edilmesi için duyarlılık analizi yapılmıştır.

Çalışmada, banka şubelerinin en uygun yerinin belirlenmesi konusunda etkin kriterlerin kullanımı ile ilgili bazı güçlükler yaşanmıştır. Bankacılık sektöründe müşteri bilgilerinin gizli tutulması ve hassas verilerin korunmasının çok önemli olması dolayısıyla işlem hacmini doğrudan kullanmak yerine tahminleme ile elde etme yoluna gidilmiştir. Yine gündüz nüfusu ve ulaşım kolaylığı verilerinin doğrudan bulunamaması dolayısıyla ilişkili farklı kriterler kullanılarak aday noktaların potansiyel müşteri sayısı ve diğer aday noktalara ulaşım kolaylığı tespit edilmiştir. Ayrıca bankalara ait gerçek verilerin kullanılmaması dolayısıyla kriterler, nesnel bir yöntem yerine öznel bir yaklaşım olan ikili karşılaştırma ile ağırlıklandırılmış, elde edilen ağırlık değerlerinin doğruluğu test edilememiştir.

Banka şubelerinin en uygun yerleşim yerinin belirlenmesine yönelik önerilen yöntem ve TA algoritmasının uygunluğunun doğrulanması için çalışmada, aday şube yeri sayısı 50, 100, 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 olan farklı büyüklüklerdeki şehirlerde açılacak beş farklı şube sayısı üzerinden toplam 40 problem üretilmiştir. Problemlerin çözülmesi için girdi olarak ihtiyaç duyulan, planlama döneminde açılacak şube sayısı belirlenmiş, bankanın şube sayısını azaltmayı tercih etmeyeceği varsayılmış, problemlerin büyüklüğüne (aday nokta sayısına) bağlı olarak her şube tipi için mevcut durumda hizmet veren / son 3 yıl içinde açılmış olan şubelerin hangi noktada bulunduğu bilgisi üretilmiştir. 50 ve 100 aday noktası olan problemler için önerilen tek dönemli matematiksel modelin en iyi çözümü CPLEX 12.2 aracılığı ile en geç 1 dakika içinde bulunmuş olup 200, 300, 400, 500, 750 ve 1.000 aday noktalı problemlerin en iyi çözümü 10 saat boyunca bulunamamış, TA ve CPLEX’in karşılaştırılması amacıyla 10 saat sonunda bulunan en iyi tamsayı değeri referans kabul edilmiştir. 3 farklı başlangıç çözümü de hızlı yanıt vermekteyken, amaç fonksiyon değeri açısından en iyi çözümün DP – Gevşetme, en kötü çözümün ise Rassal Yöntem ile elde edildiği görülmüştür.

Problemin büyüklüğüne bağlı olarak değişen tabu listesi uzunluğu kullanılarak $k_3 = \{100, 250, 500, 1.000, 2.500, 5.000, 10.000\}$ iterasyon boyunca TA – 1, TA – 2 ve TA – 3 uygulanmış, TA yönteminin başlangıç çözümünün kalitesinden bağımsız olarak CPLEX'e kıyasla daha hızlı ve kaliteli sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Çok dönemli modelin başlangıç çözümü olarak, tek dönemli matematiksel model için önerilen başlangıç çözümlerinden en iyi sonuç veren olurlu DP – Gevşetme yöntemi kullanılmış, TA yönteminde uygulanmak üzere olurlu komşuluk yapısı geliştirilmiştir. 10 saat içinde üretilen 40 adet rassal problemin hiçbirinin en iyi çözümünün bulunamadığı, $k_3 = \{1.000, 2.500, 5.000, 10.000\}$ iterasyon boyunca rassal problemler için TA'nın CPLEX'e kıyasla çok daha hızlı ve kaliteli sonuç ürettiği görülmüştür.

Tez kapsamında önerilen yöntemlerin gerçek hayatta uygulanması amacıyla, Türkiye'de hizmet veren büyük bir bankanın 763 aday noktası olan ve bu sayede CPLEX ile en iyi çözümü bulunamayan İstanbul'da şube yeri belirleme problemi çözülmüştür. Tek dönemli yöntem ile, mevcut 12 adet bireysel şubenin kapatılarak ilave 9 şube ile birlikte 21 adet yeni bireysel; mevcut 5 adet girişimci şubenin kapatılarak ilave 2 şube ile birlikte 7 adet yeni girişimci; mevcut 2 adet ticari şubenin kapatılarak ilave bir şube ile birlikte 3 adet yeni girişimci şube açılması, kurumsal şubelerden biri kapatılarak yerine yeni bir şubenin hizmete başlaması önerilmiştir.

Çok dönemli yöntem uygulandığında tek dönemli planlama ile birinci dönem için elde edilen çözümden farklı olarak, Avcılar-Ambarlı ve Büyükçekmece-Dizdariye mahallesindeki bireysel şubelerin kapatılıp, bunların yerine Fatih-Kemal Paşa ve Başakşehir-Başak mahallelerinde şube açılması önerilmiştir. 2. dönem ise Beyoğlu-Galatasaray ve Şile-Ağva mahallerindeki bireysel şubeler ile Beylikdüzü-Barış mahallesindeki girişimci, 3. dönem Şişli-Harbiye Kongre Vadisindeki bireysel, 4. dönem Fatih-Süleymaniye mahallesindeki girişimci ve Kadıköy-Kozyatağı mahallesindeki kurumsal şubelerin kapatılması, her tip için açılacak şube kısıtına bağlı olarak farklı noktalarda yeni şubelerin açılması önerilmiştir.

Önerilen metodolojiye uygun olarak tek ve çok dönemli planlamanın sonuçlarına göre yeni şubelerin, işlem hacmi potansiyeli yüksek veya aynı tipte başka şubelerin hizmet verdiği yerlere uzak mahallelerde açılması önerilmiştir. Benzer şekilde kapatılması

önerilen şubelerin ise işlem hacmi düşük ya da yakın noktalarda aynı tip şubenin hizmet verdiği mahallelerde bulunduğu görülmüştür. Tek dönemli planlamada, uygulama bankasının 185 adet toplam şubesi arasında en büyük orana sahip (152 adet) bireysel şubenin 12 adedinin kapatılması önerilmiş, böylece mevcut bireysel şubelerin $1-12/152=92\%$ 'sinin hâlihazırda önerilen metodolojiye uygun mahallelerde konumlandırıldığı görülmüştür. 4 tip şube açısından tek ve çok dönemli planlama kapsamında açılması – kapanması önerilen şube yerlerinin uygulama bankası açısından uygun olduğu öğrenilmiştir.

Tez kapsamında banka şubeleri için geliştirilen metodolojinin, benzer özelliklere sahip perakende sektörü ve diğer alanlarda da (mağaza, market, restoran vb. yerleşimi) kullanılabileceği aşikârdır. Bu amaçla, Şekil 1.1'de bahsedilen çalışma kapsamındaki işlemlerden birinci adımda yer alan kriterler, ilgili sektör için uygun olarak yeniden belirlenecek, diğer adımlar (kriter ağırlıklandırma, matematiksel modelleme, TA, duyarlılık analizi) aynı şekilde uygulanabilecektir.

Gelecekte; Yerçekimi Modelleri, Genetik Algoritma vb. farklı yöntemlerin tez kapsamında ele alınan banka şubeleri için en uygun yerleşim yerinin belirlenmesi probleminin çözümü için önerilip önerilemeyeceğinin araştırılması, böylece TA ile kıyaslanarak en hızlı ve kaliteli yöntemin tespit edilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca bankacılık sektörü için önerilen ve Türkiye'de hizmet veren büyük bir bankanın İstanbul'daki şube yerleşimi konusunda etkin yanıt verdiği gösterilen metodolojinin, aynı bankanın farklı illerdeki şube yerleşimi konusunda sonuçlarının incelenmesi, böylelikle planlama yapılan il, aday nokta sayısı ve açılacak şube sayısı büyüklüğünün yöntemin sonuçlarına etkisinin analiz edilmesi hedeflenmektedir. Benzer şekilde önerilen metodolojinin Türkiye'de ya da yurt dışında hizmet veren farklı bir bankada uygulanması durumunda sonuçların nasıl değişeceğinin incelenmesi planlanmaktadır. Böylelikle, bankaların şube yerleşimi için en uygun yerin belirlenmesine yönelik metodolojinin önerildiği bu doktora tezinin genişletilerek İstanbul / Türkiye dışında hizmet veren farklı banka için uygulanabilirliği araştırılacaktır.

KAYNAKLAR

- Aaker, D. A. ve Day, G. S.** (1986). *Marketing research*. New York: John Wiley and Sons.
- Aardal, K., Hipolito, A., Van Hoesel, C., Jansen, B., Roos, C. ve Terlaky, T.** (1996). A branch-and-cut algorithm for the frequency assignment problem. *Research Memorandum, 96/011*, Maastricht University.
- Abbasi, G. Y.** (2003). A decision support system for bank location selection, *International Journal of Computer Applications in Technology, 16*, 202-210.
- Acito, F. ve Jain, A. K.** (1980). Evaluation of conjoint analysis results: a comparison of methods. *Journal of Marketing Research, 17*, 106 – 12.
- Ahmadi, M.** (2003). *Crime mapping and spatial analysis*. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands, (yüksek lisans tezi).
- Alba, E. ve Troya, J. M.** (1999). A survey of parallel distributed genetic algorithms. *Complexity, 4*, 31–52.
- Alexandris, G. ve Giannikos, I.** (2010). A new model for maximal coverage exploiting GIS capabilities. *European Journal of Operational Research, 202*, 328–338.
- Ali, C. Q., Ross, L. G. ve Beveridge, M. C. M.** (1991). Microcomputer spreadsheets for the implementation of Geographical Information Systems in aquaculture. A case study on carp in Pakistan. *Aquaculture, 92*, 199–205.
- Aly, A. A. ve White, J. A.** (1978). Probabilistic formulation of the emergency service location problem. *Journal of the Operational Research Society, 29*, 1167–1179.
- Amna, E., Ludmil, M. ve Liping, Z.** (2004). Quality-of-service support in web services. *Lavoisier Journal Special Issue Quality, 10(10)*, 1–20.
- Anderson, T. ve Varbrand, P.** (2007). Decision support tools for ambulance dispatch and relocation. *Journal of the Operational Research Society, 58*, 195–201.
- Andrews, R., Diederich, J. ve Tickle, A. B.** (1996). A survey and critique of techniques for extracting rules from trained artificial neural networks. *Knowledge-Based Systems, 8*, 373–389.

- Arabani, A. B. ve Farahani, R. Z.** (2012). Facility location dynamics: An overview of classifications and applications. *Computers & Industrial Engineering*, 62, 408-420.
- Aras, H., Erdogmuş, S. ve Koç, E.** (2004). Multi-criteria selection for a wind observation station location using analytic hierarchy process. *Renewable Energy*, 29(8), 1383-1392.
- Araz, C., Selim H. ve Özkarahan, I.** (2007). A fuzzy multi-objective covering-based vehicle location model for emergency services. *Computers and Operations Research*, 34, 705–726.
- Arogundade, O. T., Akinwale, A. T., Adekoya, A. F. ve Oludare, A. G.** (2005). A 0-1 model for fire and emergency service facility location selection: A case study in Nigeria. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 9, 50–59.
- Arostegui, M. A., Kadipasaoglu, S. N. ve Khumawala, B. M.** (2006): An empirical comparison of Tabu Search, Simulated Annealing, and Genetic Algorithms for facilities location problems. *International Journal of Production Economics*, 103(2), 742-754.
- Athanassopoulos, A. D. ve Giokas, D.** (2000). The use of data envelopment analysis in banking institutions: Evidence from the commercial bank of Greece. *Interfaces*, 30, 81–95.
- Aytuğ, H. ve Saydam, C.** (2002). Solving large-scale maximum expected covering location problems by genetic algorithms: A comparative study. *European Journal of Operational Research*, 141, 480–494.
- Badri, M. A.** (2001). A combined AHP – GP model for quality control systems. *International Journal of Production Economics*, 72, 27 – 40.
- Balinski, M. L.** (1965). Integer programming: Methods, uses and computation. *Management Science*, 12, 253-313.
- Ball, M. O. ve Lin, L. F.** (1993). A reliability model applied to emergency service vehicle location. *Operations Research*, 41, 18–36.
- Banka ve sektör bilgileri.** (2014). *TBB*. Alındığı tarih: 23.06.2014, adres: <http://www.tbb.org.tr/tr/banka-ve-sektor-bilgileri/banka-bilgileri/subeler/65>
- Barahona, F. ve Ladanyi, L.** (2001). Branch-and-cut based on the volume algorithm: Steiner trees in graphs and max cut. *IBM Research Report RC22221*.
- Başar, A., Çatay, B. ve Ünlüyurt, T.** (2011). A multi-period double coverage approach for locating the emergency medical service stations in Istanbul. *Journal of the Operational Research Society*, 62(4), 627-637.
- Başar, A., Çatay, B. ve Ünlüyurt, T.** (2012). A taxonomy for emergency service station location problem. *Optimization Letters*, 6(6), 1147-1160.

- Batta, R.** (1989). A queueing - location model with expected service time dependent queueing disciplines. *European Journal of Operational Research*, 39, 192-205.
- Batta, R. ve Mannur, N. R.** (1990). Covering-location models for emergency situations that require multiple response units. *Management Science*, 36, 16-23.
- Baumgartner, U., Magele, C. ve Reinhart, W.** (2004). Pareto optimality and particle swarm optimization. *IEEE Transaction on Magnetics*, 40, 1172 - 1175.
- Bazaraa, M. S. ve Goode, J. J.** (1975). A cutting plane algorithm for the quadratic set covering problem. *Operations Research*, 23(1), 150-158.
- Bazgan, C., Hugot, H. ve Vanderpooten, D.** (2009). Solving efficiently the 0-1 multi-objective knapsack problem. *Computers and Operations Research*, 36, 260-279.
- Beasley, D., Bull, D. ve Martin, R. R.** (1993). An overview of genetic algorithms. Part I: Fundamentals, *University Computing*, 15, 58-69.
- Bellman, R. E.** (1957). Dynamic Programming. *Princeton University Press*, New Jersey.
- Benayoun, R., Roy, B. ve Sussman, B.** (1966). ELECTRE: Une méthode pour guider le choix en présence de points de vue multiples. SEMA Note 49.
- Berlin, G., ReVelle, C. ve Elzinga, J.** (1976). Determining ambulance-hospital locations for on-scene and hospital services. *Environment and Planning A*, 8, 553-561.
- Berman, O. ve Krass, D.** (2002). The generalized maximal covering location problem. *Computers and Operations Research*, 29, 563-581.
- Berman, O., Krass, D. ve Drezner, Z.** (2003). The gradual covering decay location problem on a network. *European Journal of Operational Research*, 151, 474-480.
- Berman, O., Krass, D. ve Wang, J.** (2006). Locating service facilities to reduce loss demand. *IIE Transactions*, 38(11), 933-946.
- Berman, O. ve Huang, R.** (2008). The minimum weighted covering location problem with distance constraints. *Computers and Operations Research*, 35(2), 365-372.
- Berman, O., Drezner, Z., Krass, D. ve Wesolowsky, G. O.** (2009). The variable radius covering problem. *European Journal of Operational Research*, 196, 516-525.
- Bianchi, C. ve Church, R.** (1988). A hybrid FLEET model for emergency medical service system design. *Social Sciences in Medicine*, 26, 163-171.
- Birattari, M., Paquete, L., Stutzle, T. ve Varrentrapp, K.** (2001). Classification of metaheuristics and design of experiments for the analysis of components, *Technical Report AIDA-01-05*, FG Intellektik, FB Informatik, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Germany.

- Blasum, U. ve Hochstattler, W.** (2000). Application of the branch and cut method to the vehicle routing problem, *Technical Report zpr2000-386*, Zentrum für Angewandte Informatik Köln.
- Bodlaender, H. L. ve Jansen, K.** (2000). On the complexity of the maximum cut problem. *Nordic Journal of Computing*, 7(1), 14–31.
- Boufounou, P. V.** (1995). Evaluating bank branch location and performance: A case study. *European Journal of Operational Research*, 87, 389–402.
- Brimberg, J. ve Drezner, Z.** (2013). A new heuristic for solving the p-median problem in the plane. *Computers and Operations Research*, 40, 427–437.
- Brotcorne, L., Laporte, G. ve Semet, F.** (2003). Ambulance location and relocation models. *European Journal of Operational Research*, 147, 451–63.
- Brown, R. G. ve Meyer, R. F.** (1961). The fundamental theorem of exponential smoothing. *Operational Research Quarterly*, 9(5), 673–85.
- Burrough, P. A.** (1998). Principles of geographical information systems. *Oxford University Press*, New York.
- Calvo, A. ve Marks, H.** (1973). Location of health care facilities: An analytical approach. *Socio-Economic Planning Sciences*, 7, 407–422.
- Camanho, A. S. ve Dyson, R. G.** (2005). Cost efficiency measurement with price uncertainty: a DEA application to bank branch assessments. *European Journal of Operational Research*, 161, 432–446.
- Candalino, T. J., Kobza, J. E. ve Jacobson, S. H.** (2004). Designing optimal aviation baggage screening strategies using simulated annealing. *Computers and Operations Research*, 31, 1753–1767.
- Cerny, V.** (1985). A thermodynamical approach to the travelling salesman problem: An efficient simulation algorithm. *Journal of Optimization Theory and Applications*, 45, 41–51.
- Chen, H., Barna, B. A., Rogers, T. N. ve Shonnard, D. R.** (2001). A screening methodology for improved solvent selection using economic and environmental assessments. *Clean Products and Process*, 3, 290–302.
- Chen, L. ve Yuan, D.** (2010). Solving a minimum-power covering problem with overlap constraint for cellular network design. *European Journal of Operational Research*, 203, 714–723.
- Chi, H. M., Ersoy, O. K., Moskowitz, H. ve Ward, J.** (2007). Modeling and optimizing a vendor managed replenishment system using machine learning and genetic algorithms. *European Journal of Operational Research*, 180, 174–193.
- Chiang, C. I., Hwang, M. J. ve Liu, Y. H.** (2005). An alternative formulation for certain fuzzy set-covering problems. *Mathematical and Computer Modeling*, 42, 363–365.

- Chu, C.** (1992). A branch-and-bound algorithm to minimize total tardiness with different release dates. *Naval Research Logistics*, 39, 265–283.
- Chuang, C. ve Lin, R.** (2007). A maximum expected covering model for an ambulance location problem. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers*, 24(6), 468–474.
- Church R. ve ReVelle, C.** (1974). The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Science Association*, 32, 101-118.
- Church, R. L. ve Murray, A. T.** (2009). *Business site selection, location analysis and GIS*. New York: Wiley.
- Cinar, N. ve Ahiska, S. S.** (2010). A decision support model for bank branch location selection. In YAEM 2010. Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Sabancı University, Istanbul, 30 June–2 July, (CD-ROM).
- Clawson, C. J.** (1974). Fitting branch locations, performance standards, and marketing strategies to local conditions. *Journal of Marketing*, 38, 8-14.
- Cook W. D., Seiford, L. M. ve Zhu, J.** (2004). Models for performance benchmarking: measuring the effect of e-business activities on banking performance. *Omega*, 32, 313–22.
- Cornuejols, G., Fisher, M. ve Nemhauser, G.** (1977). Location of bank accounts to optimize float: An analytic study of exact and approximate algorithms. *Management Science*, 23, 789-810.
- Current, J. R. ve Storbeck, J. E.** (1988). Capacitated covering models. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 15(2), 153–163.
- Current, J. R. ve O’Kelly, M.** (1992). Locating emergency warning sirens. *Decision Sciences*, 23(1), 221–234.
- Current, J. R. ve Schilling, D. A.** (1994). The median tour and maximal covering problems. *European Journal of Operations Research*, 73, 114–126.
- Curtin, K. M., Hayslett-McCall, K. ve Qiu, F.** (2010). Determining optimal police patrol areas with maximal covering and backup covering location models. *Networks and Spatial Economics*, 10(1), 125–145.
- Çatay, B., Başar, A. ve Ünlüyurt, T.** (2008). İstanbul’da Acil Yardım İstasyonlarının Yerlerinin Planlanması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 19(4), 20-35.
- Çatay, B.** (2011). Siting new fire stations in Istanbul: A risk-based optimisation approach. *OR Insight*, 24(2), 77-89.
- Dakin, R. J.** (1965). A tree search algorithm for mixed integer programming problems. *Computer Journal*, 8, 250-255.
- Dantzig G., Fulkerson R. ve Johnson S.** (1954). Solution of a large-scale travelling salesman problem. *Journal of the Operational Research Society*, 2, 393-410.

- Darmon, R. Y. ve Rouzies, D.** (1999). Internal validity of conjoint analysis under alternative measurement procedures. *Journal of Business Research*, 46, 67–81.
- Daskin, M. S. ve Stern, E. H.** (1981). A hierarchical objective set covering model for emergency medical service vehicle deployment. *Transportation Science*, 15, 137–152.
- Daskin, M.** (1983). A maximum expected covering location model: formulation, properties and heuristic solution. *Transportation Science*, 17, 48-70.
- Daskin, M.** (1995). *Network and discrete location: Models, algorithms and applications*. Toronto: Wiley Interscience Series in Discrete Mathematics and Optimization.
- Deb, K.** (2001). *Multi-objective optimization using evolutionary algorithms*. New York: John Wiley and Sons.
- Deepa, S. N. ve Sugumaran, G.** (2011). Model order formulation of a multivariable discrete system using a modified particle swarm optimization approach. *Swarm and Evolutionary Computation*, 1, 204–212.
- DellaCroce, F., Ghirardi, M. ve Tadei, R.** (2002). An improved branch-and-bound algorithm for the two machine total completion time flow shop problem. *European Journal of Operational Research*, 139, 293–301.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G. ve Papayannakis, L.** (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The CRITIC method. *Computers and Operations Research*, 22(7), 763-70.
- Diaz, B. A. ve Rodriguez, F.** (1997). A simple search heuristic for the MCLP: Application to the location of ambulance bases in a rural region. *Omega*, 25, 181–187.
- Dileepan, P. ve Sen, T.** (1991). Job lateness in a two-machine flowshop with setup times separated. *Computers and Operations Research*, 18, 549–556.
- Doerner, K. F., Gutjahr, W. J., Hartl, R. F., Karall, M. ve Reimann, M.** (2005). Heuristic solution of an extended double-coverage ambulance location problem for Austria. *Central European Journal of Operations Research*, 13, 325–340.
- Donald, W. F., John, H. B. ve Thomas, R. H.** (1991). *Production and inventory management* (2. Baskı). Cincinnati, OH: South- Western Pub.
- Dorigo, M., Maniezzo, V. ve Colorni, A.** (1991). The ant system: An autocatalytic optimizing process. *Technical Report*, Politecnico di Milano, Italy.
- Dorigo, M., Gambardella, L. M.** (1997). Ant colonies for the travelling salesman problem. *Biosystems*, 43(2), 73–81.
- Doyle, P., Fenwick, I. ve Savage, G. P.** (1981). A model for evaluating branch location and performance. *Journal of Bank Research*, 12, 90-95.

- Drezner, Z.** (1995). *Facility location: A survey of applications and methods*. New York: Springer.
- Drezner, T.** (2006). Derived attractiveness of shopping malls. *IMA Journal of Management Mathematics*, 17, 349–358.
- Duarte, R., Rego, C. ve Gamboa, D.** (2004). A filter and fan approach for the job shop scheduling problem: A preliminary study. In ICKEDS 04. Proceedings of the International Conference on Knowledge Engineering and Decision Support, 401-406.
- Eaton, D. J., Sánchez, H. M., Lantigua, R. R. ve Morgan, J.** (1986). Determining ambulance deployment in Santo Domingo, Dominican Republic. *Journal of the Operational Research Society*, 37, 113–126.
- Eglese, R.W.** (1990). Simulated annealing: A tool for operational research. *European Journal of Operational Research*, 34, 600-612.
- Elmas, Ç.** (2003). *Yapay sinir ağları (kuram, mimari, eğitim, uygulama)*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Erdemir, E. T., Batta, R., Spielman, S., Rogerson, P. A., Blatt, A. ve Flanigan, M.** (2008). Location coverage models with demand originating from nodes and paths: Application to cellular network design. *European Journal of Operational Research*, 190(3), 610–632.
- Erdemir, E. T., Batta, R., Spielman, S., Rogerson, P. A., Blatt, A. ve Flanigan, M.** (2010). Joint ground and air emergency medical services coverage models: A greedy heuristic solution approach. *European Journal of Operational Research*, 207, 736–749.
- Erkut, H.** (1992). *Yönetimde simülasyon yaklaşımı (2. Baskı)*. İstanbul: İrfan Yayıncılık.
- Farahani, R. Z. ve Asgari, N.** (2007). Combination of MCDM and covering techniques in a hierarchical model for facility location: A case study. *European Journal of Operational Research*, 176, 1839–1858.
- Farber, S. ve Griner, B.** (2000). Valuing watershed quality improvement using conjoint analysis. *Ecological Economics*, 34, 63–76.
- Fernandez, I. ve Ruiz, M. C.** (2009). Descriptive model and evaluation system to locate sustainable industrial areas. *Journal of Cleaner Production*, 17(1), 87-100.
- Fisher, M. L.** (1981). The Lagrangean relaxation method for solving integer programming problems. *Management Science*, 27(1), 1–18.
- Forman, E. H. ve Gass, S. I.** (2001). The analytic hierarchy process: An exposition. *Operations Research Informatics*, 49(4), 469 – 486.
- Freisleben, B. ve Merz, P.** (1996). A genetic local search algorithm for solving symmetric and asymmetric traveling salesman problems. In CEC'96. Proceedings of International Conference on Evolutionary Computation, Nagoya, 20-22 May, 616-621.

- Galvao, R.** (1980). A dual-bounded algorithm for the p-median problem. *Operations Research* 28, 1112–1121.
- Galvao, R. ve ReVelle, C.** (1996). A Lagrangean heuristic for the maximal covering location problem. *European Journal of Operational Research*, 88, 114–123.
- Garcia, F., Guijarro, F. ve Moya, I.** (2010). A goal programming approach to estimating performance weights for ranking firms. *Computer and Operations Research*, 37, 1597–1609.
- Gardner, E. S.** (1985). Exponential smoothing: The state of the art. *Journal of Forecasting*, 4(1), 1–28.
- Garey, M. R. ve Johnson, D. S.** (1979). *Computers and Intractability: A guide to the theory of NP-completeness*. San Francisco, California: W. H. Freeman and Company.
- Garfinkel, R. S., Neebe, A. W. ve Rao, M. R.** (1974). An algorithm for the m-median plant location problem. *Transportation Science*, 8, 217–236.
- Gendreau, M., Laporte, G. ve Semet, F.** (1997a). Solving an ambulance location model by tabu search. *Location Science*, 5, 75–88.
- Gendreau, M., Laporte, G. ve Semet, F.** (1997b). The covering tour problem. *Operations Research*, 45(4), 568–576.
- Gendreau, M., Laporte, G. ve Semet, F.** (2000). A dynamic model and parallel tabu search heuristic for real time ambulance relocation. *Parallel Computing*, 27, 1641–1653.
- Geoffrion, A. M.** (1974). Lagrangian Relaxation and its uses in integer programming. *Mathematical Programming Study*, 2, 82–114.
- Ghirardi, M. ve Potts, C. N.** (2005). Makespan minimization for scheduling unrelated parallel machines: A recovering beam search approach. *European Journal of Operational Research*, 165(2), 457–467.
- Glover, F.** (1977). Heuristics for integer programming using surrogate constraints. *Decision Sciences*, 8, 156–166.
- Glover, F.** (1986). Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. *Computers and Operations Research*, 13 (5), 533–549.
- Glover, F.** (1989). Tabu search – Part I. *ORSA Journal of Computing*, 1(3), 190–206.
- Glover, F. ve Laguna, M.** (1992). *Modern heuristic techniques for combinatorial problems*. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Glover, F. ve Laguna, M.** (1997). *Tabu Search*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Glover, R., Taillard, E. D. ve Werra, D.** (1993). A user's guide to tabu search. *Annals of Operations Research*, 41, 3–28.
- Goldberg, D. E.** (1989). *Genetic algorithms in search, optimization and machine learning*. Massachusetts: Addison-Wesley.

- Goldberg, J. ve Paz., L.** (1991). Locating emergency vehicle bases when service time depends on call location. *Transportation Science*, 25, 264 - 280.
- Gomory, R.** (1963). An algorithm for integer solutions to linear programs, in *Recent Advances in Mathematical Programming*, 269-302, Eds. Graves, R.L. ve Wolfe, P., McGraw-Hill, New York.
- Grabowski, J. ve Wodecki, M.** (2004). A very fast tabu search algorithm for the permutation flow shop problem with makespan criterion. *Computers and Operations Research*, 31, 1891–1909.
- Green, P. E., Krieger, A. M. ve Wind, Y. J.** (2001). Thirty years of conjoint analysis: reflections and prospects. *Interfaces*, 31(3), 56–73.
- Gümüş, Z. ve Floudas, C. E.** (2001). Global optimization of nonlinear bilevel programming problems. *Journal of Global Optimization*, 20, 1–31.
- Haan, C. T.** (2002). *Statistical methods in hydrology, 2. edition*: Ames, Iowa: Iowa State University Press.
- Hakimi, S.** (1964). Optimum locations of switching centres and the absolute centres and medians of a graph. *Operations Research*, 12, 450-459.
- Hansen, P., Brimberg, J., Urosevic, D. ve Mladenovic, N.** (2009). Solving large p-median clustering problems by primal-dual variable neighborhood search. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 19, 351–375.
- Harewood, S. I.** (2002). Emergency ambulance deployment in Barbados: A multi-objective approach. *Journal of the Operational Research Society*, 53, 185–192.
- Harker, P. T.** (1987a). Alternative modes of questioning in the analytic hierarchy process. *Mathematical Modelling*, (3–5), 353–360.
- Harker, P. T.** (1987b). Incomplete pairwise comparisons in the analytic hierarchy process. *Mathematical Modelling*, 9 (11), 837–848.
- Harvey, M., Hung, M. ve Brown, J.** (1974). The Application of a p-median algorithm to the identification of nodal hierarchies and growth centers. *Economic Geography*, 50, 187-202.
- Heiat, A.** (2002). Comparison of artificial neural network and regression models for estimating software development effort. *Information and Software Technology*, 44(15), 911–922.
- Higgins, A. J.** (2001). A dynamic tabu search for large-scale generalised assignment problems. *Computers and Operations Research*, 28, 1039–1048.
- Hodgson, J.** (1984). Alternative approaches to hierarchical location-allocation systems. *Geographical Analysis*, 16, 275-275.
- Hogan, K. ve ReVelle, C. S.** (1986). Concepts and applications of backup coverage. *Management Science*, 34, 1434–1444.
- Holland, J.** (1975). *Adaption in natural and artificial systems*. Michigan: University of Michigan Press.

- Holmes, J., Williams, F. ve Brown, L.** (1972). Facility location under maximum travel restriction: An example using day care facilities. *Geographical Analysis*, 4, 258–266.
- Holt, C. C.** (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, 20, 5–10.
- Hu, X. ve Eberhart, R.** (2002). Multiobjective optimization using dynamic neighborhood particle swarm optimization. In CEC'02. Proceedings of International Conference on Evolutionary Computation, Honolulu, 12-17 May, 1677–1681.
- Huang, B., Liu, N. ve Chandramouli, M.** (2006). A GIS supported ant algorithm for the linear feature covering problem with distance constraints. *Decision Support Systems*, 42, 1063–1075.
- Huang, J., Cai, Y. ve Xu, X.** (2007). A hybrid genetic algorithm for feature selection wrapper based on mutual information. *Pattern Recognition Letters*, 28, 1825–1844.
- Huff, D. L.** (1964). Defining and estimating a trade area. **Journal of Marketing**, 28, 34–38.
- Hwang, C.L. ve Yoon, K.** (1981). *Multiple attribute decision making: methods and applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- Huff, D.L.** (1966). A programmed solution for approximating an optimum retail location. *Land Economics*, 42(3), 293–303.
- Hwang, J., Choi, J., Oh, S. ve Marks, R.** (1991). Query-based learning applied to partially trained multilayer perceptrons. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 2, 131–136.
- Hwang, H.** (2002). Design of supply-chain logistics system considering service level. *Computers and Industrial Engineering*, 43, 283–297.
- Hwang, M. J., Chiang, C. I. ve Liu, Y. H.** (2004). Solving a fuzzy set-covering problem. *Mathematical and Computer Modelling*, 40, 861–865.
- Iannoni, A. P. ve Morabito, R.** (2007). A multiple dispatch and partial backup hypercube queuing model to analyze emergency medical systems on highways. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43, 755–771.
- Irizarry, M. D. L. A., Wilson, J. R. ve Trevino, J.** (2001). A flexible simulation tool for manufacturing-cell design. II: Response surface analysis and case study. *IIE Transactions*, 33, 837–846
- Jablonsky, J., Fiala, P., Smirlis, Y. ve Despotis, D. K.** (2004). DEA with interval data: an illustration using the evaluation of branches of a Czech bank. *The Central European Journal of Operations Research*, 12, 323–37.
- Jarvis J.** (1975). *Optimization in stochastic systems with distinguishable servers*, (doktora tezi), MIT, Cambridge, MA.

- Jia, H., Ordóñez, F. ve Dessouky, M. M.** (2007). Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies. *Computers and Operations Research*, 34, 257–276.
- Junger, M. ve Thienel, S.** (2000). The ABACUS system for branch-and-cut-and-price algorithms in integer programming and combinatorial optimization. *Software Practice and Experience*, 30(11), 1325–1352.
- Kapetsky, J. M., Hill, J. M. ve Worthy, D. L.** (1988). A geographical information system for catfish farming development. *Aquaculture*, 68, 311–320.
- Karasakal, O. ve Karasakal, E. K.** (2004). A maximal covering location model in the presence of partial coverage. *Computers and Operations Research*, 31, 1515–1526.
- Kaufman, G. ve Mote, R.** (1994). *A review from the Federal Reserve Bank of Chicago*. Chicago: Federal Reserve Bank of Chicago.
- Kayahan, C.** (2008). İşletmelerde bir avantaj unsuru olarak kur korelasyonlarının kullanımı. *Yönetim ve Ekonomi*, 15(1), 75 – 84.
- Kendall, M. G., Stuart, A. ve Ord, K.** (1983). *The advanced theory of statistics*. London: Charles Griffin.
- Kennedy, J. ve Eberhart, R. C.** (1995). Particle swarm optimization. Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, 4, Perth, Australia, 1942–1948.
- Keskintürk, T. ve Söyler, H.** (2006). Global karınca kolonisi optimizasyonu. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(4), 689–698.
- Kim, D., Rhee, S. ve Park, H.** (2002). Modelling and optimization of a GMA welding process by genetic algorithm and response surface methodology. *International Journal of Production Research*, 40, 1699–1711.
- Knox, J. ve Glover, F.** (1989). Comparative testing of traveling salesman heuristics derived from tabu search, genetic algorithms and simulated annealing, *Technical Report*, Center for Applied Artificial Intelligence, University of Colorado.
- Kolen, A. ve Tamir, A.** (1990). Covering problems, in *Discrete location theory*, 263–304, Eds. Mirchandani, P. B., ve R. L. Francis, R. L., New York: Wiley-Interscience.
- Kolesar, P. ve Walker, W. E.** (1974). An algorithm for the dynamic relocation of fire companies. *Operations Research*, 22, 249–274.
- Konak, A., Coit, D. ve Smith, A.** (2006). Multi-objective optimization using genetic algorithms: A tutorial. *Reliability Engineering and System Safety in Special Issue – Genetic Algorithms and Reliability*, 92, 992–1007.
- Kuehn, A. ve Hamburger M.** (1960). A heuristic program for locating warehouses. *Management Science*, 9, 643–666.

- Küçükaydın, H., Aras, N. ve Altınel, I. K.** (2011). Competitive facility location problem with attractiveness adjustment of the follower: A bilevel programming model and its solution. *European Journal of Operational Research*, 208(3), 206 – 220.
- Laguna, M., Kelly, J. P., Velarde, J. L. G. ve Glover, F.** (1995). Tabu search for the multilevel generalised assignment problem. *European Journal of Operational Research*, 82, 176 - 189.
- Land, A. H. ve Doig, A. G.** (1960). An automatic method for solving discrete programming problems. *Econometrica*, 28, 497-520.
- Landherr, A., Friedl, B. ve Heidemann, J.** (2010). A critical review of centrality measures in social networks. *Business and Information Systems Engineering*, 2, 371–385.
- Law, A. ve Kelton, D.** (2000). *Simulation Modeling and Analysis*. McGraw-Hill, Inc.
- Lee, D. H., Cao, Z. ve Meng, Q.** (2007). Scheduling of two transshipment systems for loading outbound containers in port container terminals with simulated annealing algorithm. *International Journal of Production Economics*, 107, 115 – 124.
- Lim, C. ve McAleer, M.** (2001). Forecasting tourist arrivals. *Annals of Tourism Research*, 28, 965–977.
- Linsker, R.** (1990). Perceptual neural organization: Some approaches based on network models and information theory. *Annual Review of Neuroscience*, 13, 257–281.
- Littlefield, J. E., Burney, J. ve White, W. V.** (1973). *Bank branch location: A handbook of effective techniques and practice*. Chicago: Bank Marketing Association.
- Liu, N., Huang, B. ve Chandramouli, M.** (2006). Optimal siting of fire stations using GIS and ANT algorithm. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 20, 361–369.
- Liu, H. H. ve Ong, C. S.** (2008). Variable selection in clustering for marketing segmentation using genetic algorithms. *Expert Systems with Applications*, 34, 502–510.
- Lokketangen, A.** (1995). Tabu search – using the search experience to guide the search process. An introduction with examples. *AICOM*, 8(2), 78–85.
- Lorena, L. A. N. ve Lopes, F. B.** (1994). A surrogate heuristic for set covering problems. *European Journal of Operational Research*, 79(1), 138–150.
- Lorena, L. A. N. ve Narciso, M. G.** (1996). Relaxation heuristics for a generalized assignment problem. *European Journal of Operational Research*, 91, 600–610.
- Love, R., Morris, J. ve Wesolowsky, G. O.** (1988). *Facility location: Models and methods*. Amsterdam, The Netherlands: North-Holland.

- Mahadevan, B. ve Narendran, T. T.** (1993). Buffer levels and choice of material handling device in flexible manufacturing systems. *European Journal of Operational Research*, 69, 166–176.
- Mahdavi, I., Nourifar, R., Heidarzade, A. ve Amiri, N.** (2009). A dynamic programming approach for finding shortest chains in a fuzzy network. *Applied Soft Computing*, 9, 503–511.
- Makridakis, S., Wheelwright, S. C. ve Hyndman, R. J.** (1998). *Forecasting: Methods and applications* (3. Baskı). New York: Wiley.
- Malczewski, J.** (1999). *GIS and multicriteria decision making*. New York: John Wiley and Sons.
- Malek, M., Guruswamy, M., Pandya, M. ve Owens, H.** (1989). Serial and parallel simulated annealing and tabu search algorithms for the traveling salesman problem. *Annals of Operations Research*, 21, 59–84.
- Manandhar, R. ve Tang, J. C. S.** (2002). The evaluation of bank branch performance using data envelopment analysis: a framework. *Journal of High Technology Management Research*, 13, 1–17.
- Manne, A.** (1964). Plant location under economies of scale. Decentralization and computation. *Management Science*, 11, 213-235.
- Maranzana, F.** (1964). On the location of supply points to minimize transport costs. *Operations Research Quarterly*, 15, 261-270.
- Marianov, V. ve ReVelle, C.** (1992). A probabilistic fire-protection siting model with joint vehicle reliability requirements. *Papers in Regional Science: The Journal of the RSAI*, 71, 217–241.
- Marianov, V. ve ReVelle, C. S.** (1994). The queueing probabilistic location set covering problem and some extensions. *Socio-Economic Planning Sciences*, 28, 167–178.
- Marianov, V. ve ReVelle, C. S.** (1995). *Facility location*. Berlin: Springer.
- Maric, M.** (2010). An efficient genetic algorithm for solving the multi-level uncapacitated facility location problem. *Computing and Informatics*, 29, 183-201.
- Mazzola, J. B. ve Schantz, R. H.** (1997). Multiple facility loading under capacity based economics of scope. *Naval Research Logistics*, 44, 229-256.
- Meidan, A.** (1983). Distribution of bank services and branch location. *International Journal of Physical Distribution and Managerial Management*, 13(3), 5-18.
- Megiddo, N., Zemel, E. ve Hakimi, S. L.** (1983). The maximum coverage location problem. *SIAM Journal of Algebraic and Discrete Methods*, 4(2), 253–261.
- Middendorf, M., Reischle, F. ve Schmeck, H.** (2002). Multi colony ant algorithms. *Journal of heuristics, ABI/INFORM Global*, 8(3), 305-320.

- Milani, A.S., Shanian, A. ve Madoliat, R.** (2005). The effect of normalization norms in multiple attribute decision making models: A case study in gear material selection. *Structural Multidisciplinary Optimization*, 29 (4), 312–318.
- Miliotis, P., Dimopoulou, M. ve Giannikos, I.** (2002). A hierarchical location model for locating bank branches in a competitive environment. *International Transactions in Operational Research*, 9, 549-565.
- Min H.** (1989). A model based decision support system for locating banks. *Information and Management*, 17, 207-215.
- Min, H. ve Melachrinoudis, E.** (2001). The three-hierarchical location-allocation of banking facilities with risk and uncertainty. *International Transactions in Operational Research*, 8, 381-401.
- Morrison, P. S. ve O'Brien, R.** (2001). Bank branch closures in New Zealand: The application of a spacial interaction model. *Applied Geography*, 21, 301—330.
- Murray, A. T.** (2005). Geography in coverage modeling: Exploiting spatial structure to address complementary partial service of areas. *Annals of the Association of American Geographers*, 95, 761–772.
- Murray, A. T., Tong, D. ve Kim, K.** (2010). Enhancing classic coverage location models. *International Regional Science Review*, 33(2), 115–133.
- Narasimhan, S., Pirkul, H. ve Schilling, D. A.** (1992). Capacitated emergency facility siting with multiple levels of backup. *Annals of Operations Research*, 40, 323–337.
- Neebe, A. W.** (1988). A procedure for locating emergency-service facilities for all possible response distances. *Journal of the Operational Research Society*, 39, 743–748.
- Nemhauser, G. ve Sigismondi, G.** (1992). A strong cutting plane/branch-and-bound algorithm for node packing. *Journal of the Operational Research Society*, 43(5), 443–457.
- Nguyen, N. ve Cripps, A.** (2001). The predicting housing value: a comparison of multiple regression analysis and artificial neural networks. *Journal of Real Estate Research*, 22(3), 313–336.
- Olsen, L. M. ve Lord, J. D.** (1979). Market area characteristics and branch bank performance. *Journal of Bank Research Summer*, 10, 102-110.
- Openshaw, S.** (1993). GIS crime and GIS criminality. *Environment and Planning A*, 25, 451-458.
- Osman, I. H. ve Kelly, J. P.** (1996). *Meta-heuristics: Theory and applications*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Otte, E. ve Rousseau, R.** (2002). Social network analysis: A powerful strategy, also for the information sciences. *Journal of Information Science*, 28(6), 441–453.

- Owen, S. H. ve Daskin, M. S.** (1998). Strategic facility location: A review. *European Journal of Operation Research*, 111, 423–447.
- Öztürk, A.** (2002). *Yöneylem Araştırması* (8. Baskı). Bursa: Ekin Kitabevi Yayınları.
- Öztürk, G., Özkazanç, Ü. A. ve Kalabak, A. O.** (2013). *Lojistikte Teknoloji Kullanımı* (3. Baskı). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını.
- Paik, C. ve Soni, S.** (2007). A simulated annealing based solution approach for the two-layered location registration and paging areas partitioning problem in cellular mobile networks. *European Journal of Operational Research*, 178, 579 – 594.
- Paradi, J.C. ve Zhu, H.** (2014). A survey on bank branch efficiency and performance research with data envelopment analysis. *O mega*, 41, 61-79.
- Pardalos, P. M. ve Resende, M. G. C.** (2002). *Handbook of applied optimization*. New York: Oxford University Press.
- Pastor, J. T.** (1994). Bicriterion programs and managerial location decisions: Application to the banking sector. *Journal of Operational Research Society*, 45(12), 1351–62.
- Pirkul, H. ve Schilling, D. A.** (1988). The siting of emergency service facilities with workload capacities and backup service. *Management Science*, 34, 896–908.
- Pirkul, H. ve Schilling, D.** (1989). The capacitated maximal covering location problem with backup service. *Annals of Operations Research*, 18, 141–154.
- Pirkul, H. ve Schilling, D. A.** (1991). The maximal covering location problem with capacities on total workload. *Management Science*, 37, 233–248.
- Plastria, F.** (2001). Static competitive facility location: An overview of optimisation approaches. *European Journal of Operational Research*, 129, 461–470.
- Portela, M. C. A. S. ve Thanassoulis, E.** (2007). Comparative efficiency analysis of Portuguese bank branches. *European Journal of Operational Research*, 177, 1275–88.
- Rahgan, S.H. ve Mirzazadeh, A.** (2012). A new method in the location problem using Fuzzy Evidential Reasoning. *Engineering and Technology*, 4(22), 4636-4645
- Randall, M.** (2002). A parallel implementation of ant colony optimization. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, 62, 1421–1432.
- Rajagopalan, H. K., Vergara, F. E., Saydam, C. ve Xiao, J.** (2007). Developing effective meta-heuristics for a probabilistic location model via experimental design. *European Journal of Operational Research*, 177, 83–101.
- Rajagopalan, H. K., Saydam, C. ve Xiao, J.** (2008). A multiperiod set covering location model for dynamic redeployment of ambulances. *Computers and Operations Research*, 35, 814–826.

- Rajendran, C. ve Ziegler, H.** (2005). Two ant-colony algorithms for minimizing total flowtime in permutation flowshops. *Computers and Industrial Engineering*, 48, 789–797.
- Ravallion, M. ve Wodon, Q.** (2000). Banking on the poor? Branch location and nonfarm rural development in Bangladesh. *Review of Development Economics*, 4, 121-139.
- Reeves, C.** (1993). *Modern heuristic techniques for combinatorial problems*. New York: John Wiley and Sons.
- Reeves, C. R., Rowe, J. E.** (2002). *Genetic algorithms: Principles and perspectives: A guide to GA theory*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
- Repede, J., ve Bernardo, J.** (1994). Developing and validating a decision support system for locating emergency medical vehicles in Louisville, Kentucky. *European Journal of Operations Research*, 75, 567–581.
- ReVelle, C. S. ve Swain, R.** (1970). Central facilities location. *Geographical Analysis*, 2, 30-42.
- ReVelle C., Toregas C. ve Falkson L.** (1976). Applications of the location set covering problem. *Geographical Analysis*, 8, 65-76.
- ReVelle, C. ve Hogan, K.** (1989a). The maximum reliability location problem and alpha-reliable p-center problems: Derivatives of the probabilistic location set covering problem. *Annals of Operations Research*, 18, 155–174.
- ReVelle, C. ve Hogan, K.** (1989b). The maximum availability location problem. *Transportation Science*, 23, 192–200.
- ReVelle, C., Scholssberg, M. ve Williams, J.** (2008). Solving the maximal covering location problem with heuristic concentration. *Computers and Operations Research*, 35, 427–435.
- Ribeiro, C. C. ve Hansen, P.** (2002). *Essays and surveys in metaheuristics*. Norwell: Kluwer Academic Publishers.
- Roberts, R. ve Goodwin P.** (2003). Weight approximations in multi-attribute decision models. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(6), 291-303.
- Rosing, K., Hillsman, E. ve Rosing-Vogelaar, H.** (1979a). A note comparing optimal and heuristic solutions to the p-median problem. *Geographical Analysis*, 11, 86-89.
- Rosing, K., Hillsman, E. ve Rosing-Vogelaar, H.** (1979b). The robustness of two common heuristics for the p-median problem. *Environment and Planning A*, 11(4), 373- 380.
- Rosing, K., Hillsman, E. ve Rosing-Vogelaar, H.** (1979c). The p-median and its linear programming relaxation: An approach to large problems. *Journal of Operational Research*, 30, 815-823.

- Rosing, C., ReVelle, E. Rolland, D., Schilling D. ve Current, J.** (1998). Heuristic concentration and tabu search: A head to head comparison. *European Journal Of Operational Research*, 104(1), 93-99.
- Rosing, K., ReVelle, C. ve Schilling, D.** (1999). A gamma heuristic for the p-median problem. *European Journal of Operational Research*, 117, 522-532.
- Ross, L. G., Mendoza, E. A. ve Beveridge, M. C. M.** (1993). The application of geographical information systems to site selection for coastal aquaculture: An example based on salmonid cage culture. *Aquaculture*, 112, 165–178.
- Rushton, G.** (1984). Use of location-allocation models for improving the geographical accessibility of rural services in developing countries. *International Regional Science Review*, 9, 217–240.
- Saaty, T.L.** (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281.
- Saaty, T.L.** (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9–26.
- Sabuncuoğlu, I. ve Karabük, S.** (1998). A beam search algorithm and evaluation of scheduling approaches for FMSs. *IIE Transactions*, 30(2), 179–191.
- Selim, H. ve Özkarahan, İ.** (2003). Acil servis araçları yerleşiminin belirlenmesinde yeni bir model. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 14(1), 18–27.
- Selvakumar, A. I. ve Thanushkodi, K.** (2007). A new particle swarm optimization solution to nonconvex economic dispatch problem. *IEEE Transaction on Power System*, 22, 42–51.
- Serra, D. ve ReVelle, C.** (1993). The pq-median problem. Location and districting of hierarchical facilities, part 1. *Location Science* 1(4), 299-312.
- Setiono, R. ve Liu, H.** (1997). NeuroLinear: From neural networks to oblique decision rules. *Neurocomputing*, 17, 1–24.
- Schilling, D. A., Elzinga, D. J., Cohon, J., Church, R. L. ve ReVelle, C. S.** (1979). The TEAM/FLEET models for simultaneous facility and equipment siting. *Transportation Science*, 13, 163–175.
- Schilling, D. A.** (1980). Dynamic location modeling for public sector facilities: A multicriteria approach. *Decision Sciences*, 11, 714–724.
- Schilling, D., Jayaraman, V. ve Barkhi, R.** (1993). A review of covering problems in facility location. *Location Science*, 1(1), 25 –55.
- Seçkiner, S. U. ve Kurt, M.** (2007). A simulated annealing approach to the solution of job rotation scheduling problems. *Applied Mathematics and Computation*, 188, 31 – 45.
- Sevinç, C.** (2008). *Lojistik planlama çok ürünli çok kademeli ikmal zincirindeki depolarda bulundurulması gerekli minimum malzeme miktarının dinamik programlama yöntemiyle optimizasyonu*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, (yüksek lisans tezi), İzmir.

- Shamplin, J. E. ve Stevens, G. T.** (1974). *Operations research: A fundamental approach*. New York: Mc-Graw Hill.
- Shuman, L. J., Hardwick, C. P. ve Huber, G. A.** (1973). Location of ambulatory care centers in a metropolitan area. *Health Services Research*, 8, 121–138.
- Schreuder, J. A. M.** (1981). Application of a location model to fire stations in Rotterdam. *European Journal of Operational Research*, 6, 212–219.
- Shannon C. E.** (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 379–423.
- Snedecor, G. W. ve Cochran, William G.** (1989). *Statistical methods*, 8. edition. Ames, Iowa: Iowa State University Press.
- Soenen, L. A.** (1974). Locating bank branches. *Industrial Marketing Management*, 3, 221-228.
- Star, J. ve Estes, J.** (1990). *Geographical information systems: An introduction*. New Jersey: Prentice Hall.
- Stutzle, T. ve Dorigo, M.** (1999). ACO algorithms for the quadratic assignment problem, in *New Ideas in Optimization*, 33-50, Eds. Corne, D., Dorigo, M. ve Glover, F., Mc-Graw Hill, Darmstadt.
- Sun, M.** (2006). Solving the uncapacitated facility location problem using tabu search. *Computers and Operations Research*, 33(9), 2563–2589.
- Swain, R.** (1974). A parametric decomposition approach for the solution of uncapacitated location problems. *Management Science*, 21, 189-198.
- Syam, S. ve Cote, M. J.** (2010). A location–allocation model for service providers with application to not-for-profit health care organizations. *Omega*, 38, 157–166.
- Şen, Z.** (2004). *Yapay sinir ağları ilkeleri*. İstanbul: Su Vakfı Yayınları.
- Taillard, E. D.** (1991). Robust tabu search for the quadratic assignment problem. *Parallel Computing*, 17, 443-455.
- Tam, M. C. Y. ve Tummala, V. M. R.** (2001). An application of the AHP in vendor selection of a telecommunications system. *The International Journal of Management Science*, 29(2), 171–182.
- Tamer, S. ve Karakuzu, C.** (2006). Parçacık sürüsü optimizasyon algoritması ve benzetim örnekleri, *ELECO 2006 Elektronik-Elektronik-Bilgisayar Sempozyumu*, Elektronik Bildirileri Kitabı, Bursa, 302-306.
- Taştan, H. ve Bank, E.** (1994). *Coğrafi bilgi sistemlerinde konuma dayalı analizler. 1. Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu Bildirileri*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Tavakoli, A. ve Lightner, C.** (2004). Implementing a mathematical model for locating EMS vehicles in Fayetteville, NC. *Computers and Operations Research*, 31, 1549–1563.

- Tecim, V.** (2008). *Coğrafi bilgi sistemleri, harita tabanlı bilgi yönetimi* (1. Baskı). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı.
- Teitz, M. ve Bart, P.** (1968). Heuristic methods for estimating the generalized vertex median of a weighted graph. *Operations Research*, 16, 955-961.
- Thomas, F., Ulrich, S. ve Schlenzig, C.** (2001). Ranking methodologies for sustainable development and CDM projects checklists, *Final Project Document*.
- Tien, J., El-Tell, K. ve Simons, G.** (1983). Improved formulations to the hierarchical health facility location-allocation problem. *IEEE Transactions in Systems Management and Cybernetics SMC-13(6)*, 1128-1132.
- Toregas, C. R., Swain, R., ReVelle, C. S. ve Bergman, L.** (1971). The location of emergency service facilities. *Operations Research*, 19, 1363–1373.
- Tsukimoto, H.** (2000). Extracting rules from trained neural networks. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 11, 377–389.
- Tzeng, G. H., M. H. Teng, Chen, J. J. ve Opricovic, S.** (2002). Multi criteria selection for a restaurant location in Taipei. *International Journal of Hospitality Management*, 21(2), 171-187.
- US Branch numbers fall for fourth year running.** (2014). *Retail Banker International*. Alındığı tarih: 23.06.2014, adres: https://dscqm8c9g6d5o.cloudfront.net/uploads/articles/pdfs/mnetisgnehfmblsrdclkabzyc_rbioct13issue694usbranches.pdf
- Vaessens, R., Aarts, E. ve Lenstra, J.,** 1998. A local search template. *Computers and Operations Research*, 25(11), 969-979.
- Vasko, F. J. ve Wilson, G. R.** (1986). Hybrid heuristics for minimum cardinality set covering problems. *Naval Research Logistics*, 33(2), 241–249.
- Vega, S. P., Peter, S., Ochoa, I. S., Hidalgo, A. N. ve Sharatt, P. N.** (2011). Analytical hierarchy processes (AHS) for the selection of solvents in early stages of pharmaceutical process development. *Process Safety and Environmental Protection*, 89, 261–267.
- Vega, R. S., Penate, D. R. S. ve Gonzalez, P. D.** (2012). Location models and GIS tools for retail site location. *Applied Geography*, 35, 12-22.
- Voss, S.** (1996). Dynamic tabu search strategies for the traveling purchaser problem. *Annals of Operations Research*, 63, 253–275.
- Voss, S., Martello, S., Osman, I. H. ve Roucairol, C.** (1999). *Metaheuristics: Advances and trends in local search paradigms for optimization*. Boston: Academic Publishers.
- Wang, Q., Batta, R., Bhadury, J. ve Rump, C.M.** (2003). Budget constrained location problem with opening and closing of facilities. *Computers and Operations Research*, 30, 2047–2069.

- White, J. A. ve Case, K. E.** (1974). On covering problems and the central facility location problem. *Geographical Analysis*, 6(3), 281-294.
- Xia, L., Yin, W., Dong, J., Wu, T., Xie, M. ve Zhao, Y.** (2010). Hybrid nested partitions algorithm for banking facility location problems. *IEEE Transaction on automation. Science and Engineering*, 7(3), 654–658.
- Wang, Y. M. ve Elhag, T. M. S.** (2007). A comparison of neural network, evidential reasoning and multiple regression analysis in modelling bridge risks. *Expert Sytems with Applications*, 32, 336 – 348.
- West, D. B.** (2004). *Introduction to graph theory* (2. Baskı). Beijing: Pearson Education.
- Winterfeldt, D. V. ve Edwards W.** (1986). *Decision analysis and behavioral research*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Winters, P. R.** (1960). Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management Science*, 6(3), 324–42
- Wu, C. R., Lin, C. T. ve Chen, H. C.** (2007). Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis. *Building and Environment*, 42(3), 1431-1444.
- Yang, J. ve Lee, H.** (1997). An AHP decision model for facility location selection. *Facilities*, 15(10), 241–254.
- Yang, L., Jones, B. F. ve Yang, S. H.** (2007). A fuzzy multi-objective programming for optimization of fire station locations through genetic algorithms. *European Journal of Operational Research*, 181, 903–915.
- Yeh, W. C.** (2001). An efficient branch-and-bound algorithm for the two-machine bicriteria flowshop scheduling problem. *Journal of Manufacturing Systems*, 20, 113–123.
- Yıldırım, U. M. ve Çatay, B.** (2012). A time-based pheromone approach for the ant system. *Optimization Letters* 6(6), 1081-1099.
- Yıldız, B.** (2001). Finansal başarısızlığın öngörülmesinde yapay sinir ağı kullanımı ve halka açık şirketlerde ampirik bir uygulama. *İMKB Dergisi*, 5(17), 51-67.
- Yoon, K. P. ve Hwang, C. L.** (1995). *Multiple attribute decision making: An introduction*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Youssef, H., Sait, S. M., Adiche, H.** (2001). Evolutionary algorithms, simulated annealing and tabu search: A comparative study. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 14, 167–181
- Zaras, K.** (2004). Rough approximation of a preference relation by a multi-attribute dominance for deterministic, stochastic and fuzzy decision problems. *European Journal of Operational Research*, 159, 196–206.
- Zeleny, M.** (1982). *Multiple criteria decision making*. New York: McGraw-Hill.

- Zhang, G., Habenicht, W. ve Spieß, W. E. L.** (2003). Improving the structure of deep frozen and chilled food chain with Tabu search procedure. *Journal of Food Engineering*, 60(1), 67–79.
- Zhang, L. ve Rushton, G.** (2008). Optimizing the size and locations of facilities in competitive multi-site service systems. *Computers and Operations Research*, 35, 327-338.
- Zhao, L., Garner, B. ve Parolin, B.** (2004). Branch bank closures in Sydney: A geographical perspective and analysis. Proceedings of the 12th International Conference on Geoformatics, Sweden, 7-9 June, 541-548.

EKLER

EK A: İkili karşılaştırmada kullanılan anket örneği (bireysel şubeler için).

EK B: Karar vericiler tarafından bildirilen kriter ağırlıkları.

EK C: Rassal problemler için tek dönemli TA ve CPLEX sonuçları.

EK A: İkili karşılaştırmada kullanılan anket örneği (bireysel şubeler için).

Çizelge A. 1 : Şube yeri seçimini etkileyen ana kriterlerin karar matrisi.

BİREYSEL ŞUBELER İÇİN YERİ SEÇİMİ İÇİN AÇISINDAN HANGİSİ DAHA ÖNEMLİ? (Ölçek: 1-9)				
	İşlem hacmi	Şubeler arası mesafe	Şube açma maliyeti	Şube kapama maliyeti
İşlem hacmi	1			
Şubeler arası mesafe		1		
Şube açma maliyeti			1	
Şube kapama maliyeti				1

Çizelge A. 2 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin karar matrisi.

İŞLEM HACMİNİN DAHA FAZLA OLMASI İÇİN HANGİSİ DAHA ÖNEMLİ? (Ölçek: 1-9)								
	Potansiyel Müşteri Sayısı	Sosyo ekonomik statü	Sosyal potansiyel	Ticari potansiyel	Rekabet	Finansal durum	Ulaşım Kolaylığı	Büyüme Potansiyeli
Potansiyel Müşteri Sayısı	1							
Sosyo ekonomik statü		1						
Sosyal potansiyel			1					
Ticari potansiyel				1				
Rekabet					1			
Finansal durum						1		
Ulaşım Kolaylığı							1	
Büyüme Potansiyeli								1

Çizelge A. 3 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen alt kriterlerin karar matrisi.

POTANSİYEL MÜŞTERİ SAYISI İÇİN HANGİSİ DAHA ÖNEMLİ? (Ölçek: 1-9)					
	Toplam Nüfus	İş yeri	Finansal işletme	Eğitim yeri	Hastane
Toplam Nüfus	1				
İş yeri		1			
Finansal işletme			1		
Eğitim yeri				1	
Hastane					1

Çizelge A. 4 : Sosyo ekonomik düzeyi etkileyen alt kriterlerin karar matrisi.

SOSYO EKONOMİK DÜZEY İÇİN HANGİSİ DAHA ÖNEMLİ? (Ölçek: 1-9)		
	Eğitim düzeyi	Yazlık sayısı
Eğitim düzeyi	1	
Yazlık sayısı		1

Çizelge A. 5 : Sosyal potansiyeli etkileyen alt kriterlerin karar matrisi.

SOSYAL POTANSİYEL İÇİN HANGİSİ DAHA ÖNEMLİ? (Ölçek: 1-9)			
	Eğitim alanı	Hastane	Eğlence yeri
Eğitim alanı	1		
Hastane		1	
Eğlence yeri			1

Çizelge A. 6 : Ticari potansiyeli etkileyen alt kriterlerin karar matrisi.

TİCARİ POTANSİYEL İÇİN HANGİSİ DAHA ÖNEMLİ? (Ölçek: 1-9)					
	İş yeri	Alışveriş yapılan yer	Oto park	Finansal işletme	Oto servis
İş yeri	1				
Alışveriş yapılan yer		1			
Oto park			1		
Finansal işletme				1	
Oto servis					1

EK B: Karar vericiler tarafından bildirilen kriter ağırlıkları.

Çizelge B. 1 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,26	0,52	0,55	0,61
Şubeler arası mesafe	0,56	0,32	0,30	0,27
Şube açma maliyeti	0,06	0,05	0,09	0,08
Şube kapama maliyeti	0,12	0,11	0,06	0,04

Çizelge B. 2 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 1.

İşlem Hacmi İçin Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,34	0,17	0,06	0,02
Sosyoekonomik statü	0,07	0,07	0,12	0,08
Sosyal potansiyel	0,04	0,03	0,06	0,10
Ticari potansiyel	0,04	0,05	0,31	0,37
Rekabet	0,09	0,19	0,13	0,13
Finansal durum	0,14	0,23	0,23	0,20
Ulaşım kolaylığı	0,15	0,12	0,02	0,03
Büyüme potansiyeli	0,13	0,14	0,07	0,07

Çizelge B. 3 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.

Potansiyel Müşteri Sayısı-Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,50	0,50	0,25	0,14
İş yeri	0,23	0,23	0,37	0,48
Finansal işletme	0,18	0,17	0,25	0,29
Eğitim yeri	0,06	0,06	0,08	0,06
Hastane	0,03	0,04	0,05	0,03

Çizelge B. 4 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.

Sosyoekonomik Statü - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,25	0,83	0,88	0,75
Yazlık sayısı	0,75	0,17	0,12	0,25

Çizelge B. 5 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.

Sosyal Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,60	0,71	0,75	0,60
Hastane	0,28	0,14	0,12	0,20
Eğlence yeri	0,12	0,15	0,13	0,20

Çizelge B. 7 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.

Ticari Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,50	0,52	0,54	0,29
Alışveriş yapılan yer	0,26	0,07	0,10	0,08
Oto park	0,05	0,06	0,05	0,04
Finansal işletme	0,15	0,31	0,27	0,53
Oto servis	0,04	0,04	0,04	0,06

Çizelge B. 7 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 1.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,39	0,17	0,05	0,03
Sosyoekonomik statü	0,09	0,08	0,13	0,10
Sosyal potansiyel	0,05	0,03	0,07	0,09
Ticari potansiyel	0,06	0,06	0,35	0,41
Rekabet	0,12	0,24	0,12	0,13
Finansal durum	0,15	0,27	0,26	0,21
Ulaşım kolaylığı	0,14	0,15	0,02	0,03

Çizelge B. 8 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 2.

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,58	0,54	0,60	0,60
Şubeler arası mesafe	0,24	0,25	0,24	0,25
Şube açma maliyeti	0,12	0,16	0,12	0,11
Şube kapama maliyeti	0,06	0,05	0,04	0,04

Çizelge B. 9 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 2.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,14	0,04	0,03	0,03
Sosyoekonomik statü	0,16	0,08	0,06	0,06
Sosyal potansiyel	0,07	0,07	0,07	0,05
Ticari potansiyel	0,13	0,25	0,37	0,35
Rekabet	0,07	0,14	0,13	0,13
Finansal durum	0,12	0,24	0,20	0,24
Ulaşım kolaylığı	0,14	0,04	0,05	0,03
Büyüme potansiyeli	0,17	0,14	0,09	0,11

Çizelge B. 10 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 1.

Potansiyel Müşteri Sayısı-Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,52	0,47	0,12	0,09
İş yeri	0,20	0,18	0,18	0,38
Finansal işletme	0,16	0,18	0,46	0,41
Eğitim yeri	0,08	0,09	0,13	0,06
Hastane	0,04	0,08	0,11	0,06

Çizelge B. 11 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 2.

Sosyoekonomik Statü-Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,75	0,83	0,90	0,90
Yazlık sayısı	0,25	0,17	0,10	0,10

Çizelge B. 12 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 2.

Sosyal Potansiyel-Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,14	0,11	0,08	0,08
Hastane	0,57	0,63	0,72	0,72
Eğlence yeri	0,29	0,26	0,20	0,20

Çizelge B. 13 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 2.

Ticari Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,16	0,34	0,45	0,33
Alışveriş yapılan yer	0,45	0,18	0,17	0,16
Oto park	0,05	0,05	0,04	0,03
Finansal işletme	0,21	0,36	0,28	0,43
Oto servis	0,13	0,07	0,06	0,05

Çizelge B. 14 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 2.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,11	0,06	0,04	0,04
Sosyoekonomik statü	0,19	0,11	0,07	0,07
Sosyal potansiyel	0,09	0,09	0,09	0,06
Ticari potansiyel	0,18	0,28	0,40	0,39
Rekabet	0,09	0,15	0,13	0,13
Finansal durum	0,17	0,26	0,22	0,27
Ulaşım kolaylığı	0,17	0,05	0,05	0,04

Çizelge B. 15 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 3.

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,46	0,52	0,47	0,25
Şubeler arası mesafe	0,30	0,28	0,30	0,40
Şube açma maliyeti	0,16	0,14	0,14	0,30
Şube kapama maliyeti	0,08	0,06	0,09	0,05

Çizelge B. 16 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 3.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,11	0,05	0,03	0,03
Sosyoekonomik statü	0,13	0,08	0,14	0,12
Sosyal potansiyel	0,11	0,05	0,06	0,06
Ticari potansiyel	0,12	0,20	0,23	0,22
Rekabet	0,09	0,18	0,17	0,15
Finansal durum	0,20	0,25	0,20	0,25
Ulaşım kolaylığı	0,07	0,04	0,03	0,04
Büyüme potansiyeli	0,17	0,15	0,14	0,13

Çizelge B. 17 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 3.

Potansiyel Müşteri Sayısı - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,46	0,31	0,13	0,13
İş yeri	0,24	0,36	0,40	0,41
Finansal işletme	0,20	0,21	0,36	0,33
Eğitim yeri	0,06	0,08	0,08	0,07
Hastane	0,04	0,04	0,03	0,06

Çizelge B. 18 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 3.

Sosyoekonomik Statü - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,75	0,25	0,25	0,25
Yazlık sayısı	0,25	0,75	0,75	0,75

Çizelge B. 19 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 3.

Sosyal Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,43	0,32	0,33	0,33
Hastane	0,43	0,22	0,33	0,33
Eğlence yeri	0,14	0,46	0,34	0,34

Çizelge B. 20: Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 3.

Ticari Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,21	0,11	0,12	0,14
Alışveriş yapılan yer	0,35	0,32	0,40	0,24
Oto park	0,10	0,06	0,05	0,06
Finansal işletme	0,30	0,46	0,40	0,54
Oto servis	0,04	0,05	0,03	0,02

Çizelge B. 21 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 3.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,08	0,05	0,04	0,04
Sosyoekonomik statü	0,19	0,09	0,18	0,15
Sosyal potansiyel	0,13	0,06	0,08	0,08
Ticari potansiyel	0,14	0,27	0,27	0,23
Rekabet	0,12	0,22	0,18	0,16
Finansal durum	0,28	0,27	0,22	0,29
Ulaşım kolaylığı	0,06	0,04	0,03	0,05

Çizelge B. 22 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 4.

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,50	0,55	0,41	0,50
Şubeler arası mesafe	0,32	0,32	0,35	0,25
Şube açma maliyeti	0,14	0,07	0,15	0,18
Şube kapama maliyeti	0,04	0,06	0,09	0,07

Çizelge B. 23 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 4.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,29	0,23	0,18	0,14
Sosyoekonomik statü	0,08	0,05	0,07	0,07
Sosyal potansiyel	0,02	0,04	0,05	0,05
Ticari potansiyel	0,09	0,13	0,31	0,27
Rekabet	0,12	0,10	0,11	0,07
Finansal durum	0,11	0,14	0,16	0,18
Ulaşım kolaylığı	0,12	0,19	0,04	0,07
Büyüme potansiyeli	0,17	0,12	0,08	0,15

Çizelge B. 24 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 4.

Potansiyel Müşteri Sayısı - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,39	0,33	0,14	0,10
İş yeri	0,24	0,30	0,39	0,47
Finansal işletme	0,17	0,24	0,28	0,31
Eğitim yeri	0,09	0,08	0,12	0,09
Hastane	0,11	0,05	0,07	0,03

Çizelge B. 25 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 4.

Sosyoekonomik Statü - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,25	0,75	0,88	0,75
Yazlık sayısı	0,75	0,25	0,12	0,25

Çizelge B. 26 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 4.

Sosyal Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,54	0,57	0,16	0,16
Hastane	0,30	0,29	0,54	0,54
Eğlence yeri	0,16	0,14	0,30	0,30

Çizelge B. 27 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 4.

Ticari Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,28	0,17	0,35	0,27
Alışveriş yapılan yer	0,43	0,44	0,34	0,23
Oto park	0,06	0,06	0,10	0,07
Finansal işletme	0,19	0,27	0,17	0,39
Oto servis	0,04	0,06	0,04	0,04

Çizelge B. 28 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 4.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,34	0,25	0,20	0,19
Sosyoekonomik statü	0,10	0,07	0,07	0,09
Sosyal potansiyel	0,03	0,04	0,06	0,06
Ticari potansiyel	0,10	0,14	0,33	0,33
Rekabet	0,13	0,11	0,12	0,06
Finansal durum	0,14	0,17	0,18	0,22
Ulaşım kolaylığı	0,16	0,22	0,04	0,05

Çizelge B. 29 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 5.

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,58	0,59	0,39	0,24
Şubeler arası mesafe	0,24	0,12	0,32	0,40
Şube açma maliyeti	0,11	0,07	0,14	0,24
Şube kapama maliyeti	0,07	0,22	0,15	0,12

Çizelge B. 30 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 5.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,32	0,13	0,07	0,06
Sosyoekonomik statü	0,03	0,05	0,04	0,14
Sosyal potansiyel	0,04	0,06	0,17	0,04
Ticari potansiyel	0,16	0,15	0,29	0,27
Rekabet	0,14	0,14	0,11	0,18
Finansal durum	0,13	0,26	0,21	0,20
Ulaşım kolaylığı	0,06	0,09	0,05	0,05
Büyüme potansiyeli	0,12	0,12	0,06	0,06

Çizelge B. 31 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 5.

Potansiyel Müşteri Sayısı - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,45	0,50	0,15	0,17
İş yeri	0,25	0,25	0,40	0,47
Finansal işletme	0,18	0,17	0,33	0,25
Eğitim yeri	0,08	0,04	0,08	0,07
Hastane	0,04	0,04	0,04	0,04

Çizelge B. 32 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 5.

Sosyoekonomik Statü - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,50	0,50	0,88	0,83
Yazlık sayısı	0,50	0,50	0,12	0,17

Çizelge B. 33 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 5.

Sosyal Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,12	0,33	0,44	0,33
Hastane	0,50	0,33	0,39	0,33
Eğlence yeri	0,38	0,34	0,17	0,34

Çizelge B. 34 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 5.

Ticari Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,28	0,35	0,36	0,41
Alışveriş yapılan yer	0,26	0,16	0,23	0,10
Oto park	0,08	0,07	0,08	0,06
Finansal işletme	0,34	0,32	0,28	0,38
Oto servis	0,04	0,10	0,05	0,05

Çizelge B. 35 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 5.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,39	0,16	0,08	0,07
Sosyoekonomik statü	0,04	0,06	0,04	0,16
Sosyal potansiyel	0,06	0,07	0,19	0,04
Ticari potansiyel	0,17	0,17	0,30	0,29
Rekabet	0,14	0,14	0,12	0,18
Finansal durum	0,13	0,31	0,22	0,21
Ulaşım kolaylığı	0,07	0,09	0,05	0,05

Çizelge B. 36 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 6.

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,61	0,58	0,62	0,60
Şubeler arası mesafe	0,26	0,28	0,23	0,29
Şube açma maliyeti	0,09	0,10	0,11	0,06
Şube kapama maliyeti	0,04	0,04	0,04	0,05

Çizelge B. 37 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 6.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,23	0,21	0,08	0,06
Sosyoekonomik statü	0,05	0,05	0,02	0,04
Sosyal potansiyel	0,12	0,08	0,06	0,04
Ticari potansiyel	0,22	0,12	0,42	0,42
Rekabet	0,09	0,21	0,06	0,07
Finansal durum	0,15	0,15	0,22	0,20
Ulaşım kolaylığı	0,07	0,08	0,08	0,09
Büyüme potansiyeli	0,07	0,10	0,06	0,08

Çizelge B. 38 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 6.

Potansiyel Müşteri Sayısı - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,43	0,40	0,28	0,11
İş yeri	0,25	0,27	0,25	0,35
Finansal işletme	0,19	0,21	0,31	0,41
Eğitim yeri	0,08	0,07	0,10	0,09
Hastane	0,05	0,05	0,06	0,04

Çizelge B. 39 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 6.

Sosyoekonomik Statü - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,83	0,50	0,50	0,50
Yazlık sayısı	0,17	0,50	0,50	0,50

Çizelge B. 40 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 6.

Sosyal Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,65	0,53	0,33	0,33
Hastane	0,24	0,36	0,33	0,33
Eğlence yeri	0,11	0,11	0,34	0,34

Çizelge B. 41 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 6.

Ticari Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,42	0,48	0,44	0,57
Alışveriş yapılan yer	0,24	0,23	0,12	0,11
Oto park	0,16	0,05	0,08	0,04
Finansal işletme	0,14	0,20	0,32	0,24
Oto servis	0,04	0,04	0,04	0,04

Çizelge B. 42 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 6.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,26	0,25	0,09	0,07
Sosyoekonomik statü	0,05	0,06	0,03	0,04
Sosyal potansiyel	0,13	0,09	0,06	0,05
Ticari potansiyel	0,22	0,14	0,46	0,44
Rekabet	0,10	0,21	0,07	0,08
Finansal durum	0,15	0,15	0,23	0,22
Ulaşım kolaylığı	0,09	0,10	0,06	0,10

Çizelge B. 43 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 7.

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,61	0,60	0,59	0,65
Şubeler arası mesafe	0,25	0,26	0,29	0,25
Şube açma maliyeti	0,07	0,07	0,06	0,05
Şube kapama maliyeti	0,07	0,07	0,06	0,05

Çizelge B. 44 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 7.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,30	0,13	0,06	0,06
Sosyoekonomik statü	0,03	0,07	0,04	0,06
Sosyal potansiyel	0,06	0,11	0,08	0,06
Ticari potansiyel	0,19	0,20	0,41	0,56
Rekabet	0,16	0,09	0,14	0,06
Finansal durum	0,14	0,24	0,18	0,06
Ulaşım kolaylığı	0,07	0,07	0,05	0,06
Büyüme potansiyeli	0,05	0,09	0,04	0,08

Çizelge B. 45 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 7.

Potansiyel Müşteri Sayısı - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,37	0,17	0,11	0,06
İş yeri	0,28	0,33	0,44	0,45
Finansal işletme	0,23	0,37	0,33	0,34
Eğitim yeri	0,07	0,08	0,07	0,07
Hastane	0,05	0,05	0,05	0,08

Çizelge B. 46 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 7.

Sosyoekonomik Statü - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,83	0,83	0,50	0,50
Yazlık sayısı	0,17	0,17	0,50	0,50

Çizelge B. 47 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 7.

Sosyal Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,59	0,70	0,33	0,33
Hastane	0,33	0,18	0,33	0,33
Eğlence yeri	0,08	0,12	0,34	0,34

Çizelge B. 48 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 7.

Ticari Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,34	0,41	0,42	0,43
Alışveriş yapılan yer	0,16	0,09	0,21	0,05
Oto park	0,08	0,04	0,08	0,05
Finansal işletme	0,38	0,39	0,26	0,43
Oto servis	0,04	0,07	0,03	0,04

Çizelge B. 49 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 7.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,34	0,16	0,07	0,07
Sosyoekonomik statü	0,03	0,08	0,04	0,07
Sosyal potansiyel	0,07	0,12	0,08	0,07
Ticari potansiyel	0,19	0,20	0,45	0,60
Rekabet	0,15	0,11	0,13	0,07
Finansal durum	0,14	0,25	0,17	0,07
Ulaşım kolaylığı	0,08	0,08	0,06	0,05

Çizelge B. 50 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 8.

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,51	0,56	0,61	0,51
Şubeler arası mesafe	0,30	0,18	0,24	0,32
Şube açma maliyeti	0,12	0,16	0,09	0,11
Şube kapama maliyeti	0,07	0,10	0,06	0,06

Çizelge B. 51 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 8.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,18	0,23	0,16	0,06
Sosyoekonomik statü	0,03	0,05	0,03	0,06
Sosyal potansiyel	0,05	0,17	0,04	0,06
Ticari potansiyel	0,26	0,25	0,31	0,56
Rekabet	0,20	0,07	0,14	0,06
Finansal durum	0,14	0,08	0,18	0,06
Ulaşım kolaylığı	0,08	0,08	0,07	0,06
Büyüme potansiyeli	0,06	0,07	0,07	0,08

Çizelge B. 52 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 8.

Potansiyel Müşteri Sayısı - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,40	0,29	0,15	0,09
İş yeri	0,21	0,27	0,30	0,44
Finansal işletme	0,25	0,30	0,40	0,32
Eğitim yeri	0,08	0,07	0,08	0,08
Hastane	0,06	0,07	0,07	0,07

Çizelge B. 53 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 8.

Sosyoekonomik Statü - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,83	0,83	0,67	0,50
Yazlık sayısı	0,17	0,17	0,33	0,50

Çizelge B. 54 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 8.

Sosyal Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,58	0,53	0,33	0,33
Hastane	0,31	0,37	0,33	0,33
Eğlence yeri	0,11	0,10	0,34	0,34

Çizelge B. 55 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 8.

Ticari Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,40	0,50	0,40	0,50
Alışveriş yapılan yer	0,14	0,12	0,11	0,13
Oto park	0,10	0,05	0,06	0,04
Finansal işletme	0,32	0,25	0,40	0,30
Oto servis	0,04	0,08	0,03	0,03

Çizelge B. 56 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 8

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,20	0,27	0,17	0,07
Sosyoekonomik statü	0,03	0,06	0,03	0,07
Sosyal potansiyel	0,06	0,18	0,04	0,07
Ticari potansiyel	0,28	0,27	0,33	0,60
Rekabet	0,21	0,08	0,14	0,07
Finansal durum	0,14	0,08	0,19	0,07
Ulaşım kolaylığı	0,08	0,06	0,10	0,05

Çizelge B. 57 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 9.

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,51	0,38	0,41	0,60
Şubeler arası mesafe	0,30	0,43	0,37	0,22
Şube açma maliyeti	0,12	0,10	0,14	0,12
Şube kapama maliyeti	0,07	0,09	0,08	0,06

Çizelge B. 58 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 9.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,28	0,07	0,06	0,06
Sosyoekonomik statü	0,04	0,05	0,07	0,06
Sosyal potansiyel	0,10	0,11	0,07	0,06
Ticari potansiyel	0,17	0,26	0,49	0,56
Rekabet	0,10	0,15	0,07	0,06
Finansal durum	0,18	0,25	0,10	0,06
Ulaşım kolaylığı	0,09	0,07	0,07	0,06
Büyüme potansiyeli	0,04	0,04	0,07	0,08

Çizelge B. 59 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 9.

Potansiyel Müşteri Sayısı - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,42	0,22	0,06	0,23
İş yeri	0,23	0,41	0,29	0,29
Finansal işletme	0,23	0,26	0,48	0,36
Eğitim yeri	0,07	0,06	0,10	0,07
Hastane	0,05	0,05	0,07	0,05

Çizelge B. 60 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 9.

Sosyoekonomik Statü - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,83	0,82	0,50	0,50
Yazlık sayısı	0,17	0,18	0,50	0,50

Çizelge B. 61 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 9.

Sosyal Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,63	0,63	0,33	0,33
Hastane	0,26	0,26	0,33	0,33
Eğlence yeri	0,11	0,11	0,34	0,34

Çizelge B. 62 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 9.

Ticari Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,41	0,39	0,42	0,51
Alışveriş yapılan yer	0,23	0,11	0,05	0,08
Oto park	0,06	0,06	0,05	0,04
Finansal işletme	0,25	0,32	0,44	0,33
Oto servis	0,05	0,12	0,04	0,04

Çizelge B. 63 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 9.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,29	0,08	0,07	0,07
Sosyoekonomik statü	0,04	0,05	0,08	0,07
Sosyal potansiyel	0,11	0,12	0,08	0,07
Ticari potansiyel	0,17	0,28	0,53	0,60
Rekabet	0,12	0,16	0,07	0,07
Finansal durum	0,18	0,25	0,11	0,07
Ulaşım kolaylığı	0,09	0,06	0,06	0,05

Çizelge B. 64 : Ana kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 10.

Ana Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İşlem hacmi	0,37	0,49	0,37	0,63
Şubeler arası mesafe	0,43	0,30	0,37	0,22
Şube açma maliyeti	0,13	0,09	0,17	0,11
Şube kapama maliyeti	0,07	0,12	0,09	0,04

Çizelge B. 65 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek dönemli)-KV 10.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,28	0,30	0,05	0,06
Sosyoekonomik statü	0,03	0,06	0,05	0,07
Sosyal potansiyel	0,13	0,12	0,08	0,08
Ticari potansiyel	0,19	0,14	0,47	0,47
Rekabet	0,09	0,10	0,17	0,07
Finansal durum	0,16	0,20	0,08	0,13
Ulaşım kolaylığı	0,08	0,06	0,05	0,06
Büyüme potansiyeli	0,04	0,02	0,05	0,06

Çizelge B. 66 : Potansiyel müşteri sayısını etkileyen kriter ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 10.

Potansiyel Müşteri Sayısı - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Toplam nüfus	0,51	0,43	0,25	0,12
İş yeri	0,24	0,25	0,28	0,34
Finansal işletme	0,15	0,19	0,31	0,37
Eğitim yeri	0,06	0,07	0,10	0,10
Hastane	0,04	0,06	0,06	0,07

Çizelge B. 67 : Sosyoekonomik statüyü etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 10.

Sosyoekonomik Statü - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim düzeyi	0,75	0,75	0,50	0,50
Yazlık sayısı	0,25	0,25	0,50	0,50

Çizelge B. 68 : Sosyal potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 10.

Sosyal Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Eğitim yeri	0,59	0,61	0,33	0,33
Hastane	0,33	0,27	0,41	0,33
Eğlence yeri	0,08	0,12	0,26	0,34

Çizelge B. 69 : Ticari potansiyeli etkileyen kriterlerin ağırlığı (tek ve çok dönemli)-KV 10.

Ticari Potansiyel - Alt Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
İş yeri	0,40	0,43	0,48	0,52
Alışveriş yapılan yer	0,08	0,14	0,10	0,05
Oto park	0,06	0,08	0,05	0,05
Finansal işletme	0,41	0,32	0,34	0,34
Oto servis	0,05	0,03	0,03	0,04

Çizelge B. 70 : İşlem hacmini etkileyen kriterlerin ağırlığı (çok dönemli)-KV 10.

İşlem Hacmi - Kriterler	Bireysel	Girişimci	Ticari	Kurumsal
Potansiyel müşteri sayısı	0,30	0,32	0,05	0,06
Sosyo ekonomik statü	0,03	0,06	0,05	0,07
Sosyal potansiyel	0,13	0,11	0,09	0,09
Ticari potansiyel	0,20	0,15	0,50	0,50
Rekabet	0,10	0,10	0,15	0,08
Finansal durum	0,16	0,20	0,10	0,13
Ulaşım kolaylığı	0,08	0,06	0,06	0,07

EK C: Rassal problemler için tek dönemli TA ve CPLEX sonuçları.

Çizelge C. 1 : Rassal problemler için tek dönemli TA – 1 ve CPLEX sonuçları.

Vaka no	Aday nokta sayısı	CPLEX (Süre)	(Süre) 100 iterasyon	(CPLEX'e uzaklık) 100 iterasyon	(Süre) 250 iterasyon	(CPLEX'e uzaklık) 250 iterasyon	(Süre) 500 iterasyon	(CPLEX'e uzaklık) 500 iterasyon	(Süre) 1.000 iterasyon	(CPLEX'e uzaklık) 1.000 iterasyon	(Süre) 2.500 iterasyon	(CPLEX'e uzaklık) 2.500 iterasyon	(Süre) 5.000 iterasyon	(CPLEX'e uzaklık) 5.000 iterasyon	(Süre) 10.000 iterasyon	(CPLEX'e uzaklık) 10.000 iterasyon
1	50	12,19	0,62	-0,158%	1,34	-0,147%	3,86	-0,068%	8,67	-0,023%	26,42	-0,007%	54,18	0,000%	112,09	0,000%
2	50	2,55	0,57	-0,104%	1,09	-0,096%	4,05	-0,071%	8,91	-0,042%	25,38	-0,026%	56,37	-0,015%	115,98	0,000%
3	50	21,38	0,71	-0,347%	1,25	-0,239%	4,12	-0,112%	9,24	-0,012%	28,73	0,000%	54,19	0,000%	109,07	0,000%
4	50	21,25	0,72	-0,518%	1,32	-0,491%	3,98	-0,035%	8,39	-0,008%	29,18	0,000%	53,85	0,000%	113,72	0,000%
5	50	21,15	0,63	-0,375%	1,23	-0,263%	4,17	0,000%	9,05	0,000%	30,04	0,000%	58,94	0,000%	115,05	0,000%
6	100	22,86	0,88	-0,496%	1,79	-0,372%	4,23	-0,204%	10,38	-0,087%	33,28	-0,061%	71,06	-0,035%	146,31	-0,012%
7	100	30,10	0,86	-1,269%	1,97	-0,817%	4,37	-0,506%	9,64	-0,215%	34,66	-0,182%	73,94	-0,106%	145,62	-0,085%
8	100	57,70	0,74	-0,284%	1,64	-0,284%	4,89	-0,138%	11,90	-0,054%	39,17	-0,039%	74,45	-0,025%	145,08	0,000%
9	100	24,00	0,96	-0,946%	1,61	-0,791%	4,62	-0,583%	10,86	-0,206%	41,57	-0,173%	76,85	-0,024%	148,37	-0,008%
10	100	13,43	1,29	-1,276%	2,72	-1,205%	5,03	-0,892%	9,74	-0,182%	40,79	-0,069%	75,43	0,000%	146,16	0,000%
11	200	36,000	1,52	-1,846%	3,35	-1,474%	7,14	-1,206%	15,38	-0,873%	44,63	-0,718%	90,46	-0,281%	176,35	-0,107%
12	200	36,000	1,91	-1,012%	3,56	-0,583%	6,83	-0,361%	16,94	-0,164%	46,18	-0,136%	91,05	-0,102%	175,08	0,000%
13	200	36,000	1,82	-0,081%	3,38	-0,009%	6,92	0,000%	15,36	0,000%	45,86	0,028%	88,73	0,143%	172,96	0,592%
14	200	36,000	2,16	-0,173%	3,96	-0,058%	6,68	-0,027%	15,08	0,004%	46,04	0,012%	87,95	0,194%	174,13	0,610%
15	200	36,000	1,95	-0,091%	3,77	-0,052%	7,12	-0,009%	16,76	0,000%	43,93	0,000%	88,16	0,086%	174,65	0,086%
16	300	36,000	12,79	-1,698%	22,59	-0,418%	53,26	-0,266%	118,91	-0,182%	352,74	-0,169%	692,73	-0,027%	1.403,67	-0,009%
17	300	36,000	11,20	-0,069%	21,96	-0,012%	55,61	0,000%	117,34	0,000%	349,05	0,007%	695,16	0,046%	1.413,08	0,195%
18	300	36,000	10,94	-0,043%	21,06	0,000%	54,18	0,365%	117,05	0,381%	355,17	0,409%	701,08	0,948%	1.397,65	1,382%
19	300	36,000	13,04	-0,089%	20,17	-0,026%	57,92	0,014%	119,42	0,053%	348,06	0,143%	689,15	0,516%	1.406,54	0,516%
20	300	36,000	12,69	-0,266%	23,45	-0,128%	59,85	0,032%	120,42	0,038%	350,89	0,287%	691,64	0,605%	1.405,92	0,804%
21	400	36,000	21,08	-0,308%	43,76	-0,216%	95,48	-0,105%	193,37	-0,094%	494,23	0,000%	1.010,38	0,392%	2.103,68	0,637%
22	400	36,000	19,76	-1,087%	45,14	-0,637%	93,27	-0,249%	195,79	-0,168%	501,32	-0,149%	1.002,69	-0,117%	2.097,39	0,000%
23	400	36,000	20,57	-0,861%	47,03	-0,584%	97,82	-0,376%	197,26	-0,219%	497,08	-0,192%	996,17	-0,035%	2.058,14	0,217%
24	400	36,000	21,73	-0,495%	49,26	-0,207%	99,03	-0,108%	199,06	-0,083%	502,47	-0,017%	1.024,83	0,000%	2.078,37	0,593%
25	400	36,000	21,86	-0,054%	47,56	-0,014%	96,53	-0,008%	194,95	-0,002%	500,68	0,000%	1.019,64	0,008%	2.114,92	0,276%
26	500	36,000	36,72	-0,062%	77,05	-0,038%	161,14	0,000%	332,58	0,000%	785,26	0,069%	1.605,38	0,164%	3.156,85	0,439%
27	500	36,000	35,94	-0,284%	76,58	-0,263%	159,25	-0,157%	329,84	-0,068%	782,35	0,000%	1.614,82	0,083%	3.195,27	0,526%
28	500	36,000	34,48	-0,506%	78,34	-0,415%	160,32	-0,362%	325,43	-0,294%	790,03	-0,158%	1.601,85	-0,075%	3.186,34	0,019%
29	500	36,000	37,03	-0,073%	78,06	-0,066%	162,46	0,000%	328,61	0,043%	792,58	0,108%	1.598,39	0,294%	3.190,86	0,514%
30	500	36,000	36,85	-0,026%	79,27	-0,020%	158,03	0,000%	324,86	0,027%	785,92	0,064%	1.618,36	0,271%	3.198,39	0,358%
31	750	36,000	71,06	-0,229%	184,33	-0,194%	356,83	-0,065%	705,67	-0,016%	1.820,15	0,000%	3.705,38	0,068%	7.314,63	0,463%
32	750	36,000	70,85	-0,135%	179,04	-0,115%	361,25	-0,093%	712,38	-0,057%	1.824,32	-0,019%	3.726,93	0,026%	7.394,18	0,591%
33	750	36,000	72,14	-0,166%	181,36	-0,148%	359,02	-0,073%	708,93	-0,054%	1.816,83	-0,012%	3.718,67	0,000%	7.386,91	0,464%
34	750	36,000	75,49	-0,084%	180,46	-0,074%	360,75	-0,052%	710,69	-0,025%	1.795,38	0,000%	3.724,35	0,059%	7.418,34	0,172%
35	750	36,000	74,51	-0,162%	179,50	-0,158%	358,16	-0,097%	706,90	-0,042%	1.804,16	-0,029%	3.736,81	0,000%	7.460,95	0,261%
36	1.000	36,000	104,57	-0,094%	213,39	-0,086%	439,58	-0,032%	896,32	-0,018%	2.236,87	0,000%	4.516,28	0,105%	9.201,64	0,105%
37	1.000	36,000	106,77	-0,068%	208,94	-0,061%	441,05	0,000%	893,49	0,071%	2.246,94	0,107%	4.508,09	0,264%	9.254,38	0,977%
38	1.000	36,000	103,48	-0,039%	210,17	-0,032%	443,62	-0,019%	889,37	0,000%	2.240,72	0,000%	4.493,74	0,296%	9.186,71	0,506%
39	1.000	36,000	101,95	-0,048%	211,94	-0,035%	446,79	-0,027%	901,67	-0,016%	2.239,18	0,000%	4.532,67	0,082%	9.239,02	0,082%
40	1.000	36,000	103,64	-0,286%	211,36	-0,217%	450,13	-0,095%	900,82	-0,046%	2.250,92	-0,009%	4.538,15	0,176%	9.173,54	0,614%
ORTALAMA	27.006	31,21	-0,405%	68,14	-0,276%	141,48	-0,150%	285,44	-0,066%	725,48	-0,023%	1.471,47	0,100%	2.965,20	0,294%	

Çizelge C. 2 : Rassal problemler için tek dönemli TA – 2 ve CPLEX sonuçları.

Vaka no	Aday nokta sayısı	CPLEX (Süre)	(Süre) 100 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 100 iter.	(Süre) 250 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 250 iter.	(Süre) 500 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 500 iter.	(Süre) 1.000 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 1.000 iter.	(Süre) 2.500 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 2.500 iter.	(Süre) 5.000 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 5.000 iter.	(Süre) 10.000 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 10.000 iter.
1	50	12,19	0,74	-0,106%	1,52	-0,087%	4,15	-0,056%	9,05	-0,018%	30,54	-0,007%	59,42	0,000%	118,30	0,000%
2	50	2,55	0,68	-0,097%	1,16	-0,081%	4,26	-0,062%	9,18	-0,015%	32,16	0,000%	61,05	0,000%	121,02	0,000%
3	50	21,38	0,84	-0,286%	1,45	-0,195%	4,19	-0,089%	11,32	-0,012%	31,43	0,000%	61,94	0,000%	117,34	0,000%
4	50	21,25	0,79	-0,085%	1,39	-0,062%	4,38	-0,037%	10,64	-0,021%	32,65	0,000%	60,53	0,000%	118,95	0,000%
5	50	21,15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	100	22,86	0,95	-0,496%	1,95	-0,309%	4,62	-0,204%	12,66	-0,181%	37,92	-0,074%	77,62	-0,065%	164,73	-0,012%
7	100	30,10	0,92	-0,758%	2,03	-0,516%	5,08	-0,294%	11,95	-0,138%	37,14	-0,062%	76,94	-0,018%	169,25	-0,018%
8	100	57,70	0,83	-0,164%	1,86	-0,106%	5,13	-0,063%	14,07	-0,012%	42,65	0,000%	76,28	0,000%	162,96	0,000%
9	100	24,00	1,08	-0,368%	1,77	-0,273%	4,96	-0,108%	13,86	-0,062%	44,28	-0,035%	78,93	0,000%	163,58	0,000%
10	100	13,43	1,46	-0,828%	2,94	-0,569%	5,34	-0,316%	10,03	-0,079%	43,65	-0,038%	78,01	-0,009%	168,19	-0,009%
11	200	36,000	1,64	-0,461%	3,68	-0,385%	8,73	-0,204%	18,92	-0,162%	49,06	-0,034%	94,37	0,000%	185,39	0,067%
12	200	36,000	2,17	-0,972%	3,94	-0,842%	7,06	-0,463%	19,37	-0,248%	50,68	-0,204%	95,79	-0,184%	183,78	0,483%
13	200	36,000	2,03	-0,056%	3,68	-0,056%	7,19	0,000%	17,19	0,000%	48,34	0,245%	93,58	1,392%	179,26	1,675%
14	200	36,000	2,35	-0,106%	4,05	-0,083%	6,92	-0,027%	16,82	0,012%	51,39	0,139%	90,04	0,391%	178,02	0,824%
15	200	36,000	2,16	-0,118%	4,11	-0,118%	7,68	-0,052%	18,02	0,000%	49,57	0,318%	91,68	0,738%	182,94	1,612%
16	300	36,000	15,84	-1,375%	26,09	-1,186%	58,37	-0,834%	124,83	-0,291%	376,92	1,235%	704,36	1,672%	1.513,62	1,869%
17	300	36,000	14,69	-0,055%	25,31	0,000%	59,73	0,000%	126,75	0,000%	372,85	0,092%	706,92	0,592%	1.522,47	0,773%
18	300	36,000	14,65	-0,084%	23,07	0,000%	58,60	0,000%	118,53	0,964%	375,94	1,641%	704,83	1,816%	1.508,32	2,063%
19	300	36,000	15,76	-0,075%	22,93	-0,016%	60,83	0,000%	124,07	0,205%	368,43	0,537%	701,95	0,924%	1.516,24	1,022%
20	300	36,000	16,39	-0,108%	26,48	-0,064%	61,19	-0,015%	124,81	0,319%	371,92	0,804%	699,16	1,307%	1.519,73	1,615%
21	400	36,000	23,58	-0,256%	48,62	-0,134%	104,37	-0,062%	198,49	-0,016%	506,34	0,168%	1.094,31	0,273%	2.164,92	0,862%
22	400	36,000	21,24	-0,914%	49,73	-0,628%	98,76	-0,409%	197,26	-0,253%	518,61	-0,193%	1.086,72	0,000%	2.176,19	0,000%
23	400	36,000	22,37	-0,744%	50,65	-0,391%	101,29	-0,296%	204,32	-0,219%	512,84	-0,082%	1.082,98	0,046%	2.148,63	0,083%
24	400	36,000	24,09	-0,516%	51,26	-0,238%	113,84	-0,083%	206,94	0,042%	519,63	0,375%	1.097,26	0,851%	2.173,15	1,315%
25	400	36,000	24,67	-0,082%	48,77	0,000%	116,02	0,000%	202,38	0,019%	520,48	0,139%	1.103,16	0,625%	2.170,37	0,849%
26	500	36,000	39,14	-0,047%	79,62	0,000%	173,94	0,028%	336,44	0,105%	803,62	1,093%	1.674,62	1,627%	3.282,94	1,905%
27	500	36,000	37,18	-0,165%	78,06	-0,107%	169,37	-0,092%	334,85	0,000%	806,37	0,617%	1.668,20	0,945%	3.275,25	1,036%
28	500	36,000	36,53	-0,423%	80,15	-0,267%	174,95	-0,019%	332,07	0,095%	826,96	0,518%	1.675,29	1,193%	3.281,39	1,622%
29	500	36,000	40,07	-0,089%	79,43	-0,062%	166,83	0,000%	334,69	0,116%	834,61	0,394%	1.672,64	0,928%	3.288,04	1,588%
30	500	36,000	37,29	-0,026%	81,06	0,000%	165,37	0,000%	331,72	0,384%	833,06	0,609%	1.658,34	0,862%	3.296,73	0,943%
31	750	36,000	75,38	-0,195%	195,72	0,000%	363,29	0,000%	719,95	0,000%	1.846,38	0,437%	3.915,72	0,916%	7.439,82	1,007%
32	750	36,000	73,16	-0,088%	183,46	-0,046%	366,15	0,016%	735,68	0,503%	1.864,05	1,382%	3.872,69	1,972%	7.453,86	2,105%
33	750	36,000	76,32	-0,131%	186,28	-0,094%	368,72	-0,041%	729,07	0,000%	1.904,38	0,429%	3.894,08	0,816%	7.472,33	0,916%
34	750	36,000	79,19	-0,084%	184,63	-0,036%	374,38	-0,012%	727,65	0,357%	1.886,52	0,834%	3.902,81	1,352%	7.491,27	1,834%
35	750	36,000	78,21	-0,095%	182,49	0,000%	365,21	0,000%	729,51	0,194%	1.892,37	0,608%	3.862,64	1,084%	7.502,46	1,581%
36	1.000	36,000	112,64	-0,106%	218,93	-0,061%	458,95	-0,027%	917,36	0,000%	2.394,62	0,000%	4.725,61	0,421%	9.435,29	0,814%
37	1.000	36,000	118,05	-0,049%	217,05	0,000%	462,08	0,045%	911,04	0,428%	2.405,28	0,619%	4.746,83	1,082%	9.448,37	1,193%
38	1.000	36,000	109,97	-0,052%	214,81	-0,017%	458,93	0,000%	916,24	0,239%	2.386,33	0,836%	4.682,43	0,926%	9.456,02	1,186%
39	1.000	36,000	112,96	-0,037%	216,26	0,000%	452,94	0,064%	922,83	0,591%	2.413,64	0,634%	4.725,96	1,483%	9.467,36	1,502%
40	1.000	36,000	107,92	-0,262%	219,65	-0,205%	461,08	0,029%	919,72	0,275%	2.394,08	0,491%	4.736,43	0,577%	9.515,07	0,932%
ORTALAMA	27.006	34,51	-0,281%	72,46	-0,185%	151,15	-0,094%	300,52	0,080%	782,50	0,371%	1.576,72	0,680%	3.121,37	0,904%	

Çizelge C. 3 : Rassel problemler için tek dönemli TA – 3 ve CPLEX sonuçları.

Vaka no	Aday nokta sayısı	CPLEX (Süre)	(Süre) 100 iterasyon	(CPLEX'e uzaklık) 100 iter.	(Süre) 250 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 250 iter.	(Süre) 500 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 500 iter.	(Süre) 1.000 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 1.000 iter.	(Süre) 2.500 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 2.500 iter.	(Süre) 5.000 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 5.000 iter.	(Süre) 10.000 iter.	(CPLEX'e uzaklık) 10.000 iter.
1	50	12,19	0,66	-0,138%	1,35	-0,087%	3,94	-0,068%	8,52	-0,046%	25,74	-0,035%	55,91	0,000%	115,92	0,000%
2	50	2,55	0,65	-0,091%	0,92	-0,091%	4,17	-0,091%	9,05	-0,015%	26,91	0,000%	56,18	0,000%	117,31	0,000%
3	50	21,38	0,72	-0,239%	1,28	-0,204%	4,22	-0,136%	9,41	-0,087%	28,85	0,000%	56,92	0,000%	112,27	0,000%
4	50	21,25	0,75	-0,108%	1,30	-0,062%	4,02	0,000%	9,67	0,000%	30,72	0,000%	59,75	0,000%	114,90	0,000%
5	50	21,15	0,78	-0,095%	1,42	-0,048%	4,53	0,000%	10,08	0,000%	31,26	0,000%	60,48	0,000%	116,38	0,000%
6	100	22,86	0,91	-0,496%	1,84	-0,309%	4,71	-0,238%	10,95	-0,104%	33,59	-0,074%	73,59	-0,029%	148,05	0,000%
7	100	30,10	0,93	-0,616%	2,16	-0,547%	4,96	-0,417%	10,43	-0,342%	35,18	-0,251%	74,27	-0,135%	149,74	0,000%
8	100	57,70	0,82	-0,249%	1,59	-0,206%	5,08	-0,191%	11,57	-0,136%	38,97	-0,072%	74,81	-0,025%	151,32	-0,025%
9	100	24,00	0,99	-0,251%	1,72	-0,251%	4,95	-0,172%	11,94	-0,109%	42,35	-0,045%	77,09	0,000%	154,80	0,000%
10	100	13,43	1,33	-0,928%	2,68	-0,617%	5,42	-0,573%	10,68	-0,280%	41,93	-0,138%	77,93	-0,047%	155,97	0,000%
11	200	36,000	1,58	-1,258%	3,39	-0,921%	7,19	-0,815%	15,23	-0,614%	42,08	-0,247%	91,72	-0,182%	179,61	0,000%
12	200	36,000	2,05	-1,012%	3,72	-0,904%	7,12	-0,761%	17,08	-0,536%	45,72	0,000%	92,41	0,102%	180,37	0,164%
13	200	36,000	1,88	-0,067%	3,46	-0,056%	7,08	0,000%	16,45	0,036%	46,90	0,143%	91,50	0,238%	178,12	1,307%
14	200	36,000	2,29	-0,142%	4,13	-0,083%	6,94	-0,066%	15,72	0,000%	47,11	0,000%	89,68	0,069%	177,95	0,582%
15	200	36,000	1,97	-0,118%	3,94	-0,118%	7,41	0,000%	16,49	0,028%	45,53	0,094%	90,54	0,271%	178,66	1,192%
16	300	36,000	14,58	-1,472%	25,03	-1,209%	54,84	-0,537%	119,38	-0,351%	356,79	-0,169%	694,13	-0,037%	1.446,70	0,528%
17	300	36,000	11,92	-0,086%	23,67	0,000%	58,61	0,109%	118,70	0,109%	354,18	0,235%	697,22	0,316%	1.452,82	0,495%
18	300	36,000	13,86	-0,055%	24,92	0,000%	57,29	0,000%	119,06	0,000%	358,63	0,293%	702,16	0,570%	1.440,95	1,627%
19	300	36,000	13,92	-0,089%	23,66	-0,016%	59,05	0,094%	120,39	0,117%	360,29	0,143%	692,11	0,439%	1.462,72	0,804%
20	300	36,000	15,44	-0,128%	25,17	-0,083%	60,72	0,000%	120,85	0,006%	362,75	0,427%	694,08	0,605%	1.472,39	1,029%
21	400	36,000	20,92	-0,392%	44,03	-0,285%	97,38	-0,105%	192,69	-0,094%	495,38	0,000%	1.052,95	0,182%	2.118,03	0,391%
22	400	36,000	20,86	-0,879%	47,68	-0,742%	96,42	-0,357%	195,31	-0,281%	504,06	-0,193%	1.028,13	-0,144%	2.136,47	0,000%
23	400	36,000	20,49	-0,802%	49,34	-0,641%	98,04	0,194%	199,28	0,194%	507,39	0,216%	1.034,72	0,307%	2.129,73	0,307%
24	400	36,000	23,17	-0,645%	51,62	-0,238%	102,39	0,000%	200,47	0,016%	509,71	0,148%	1.056,95	0,494%	2.141,82	0,782%
25	400	36,000	25,08	-0,069%	50,95	0,000%	105,76	0,015%	200,15	0,015%	516,15	0,092%	1.063,81	0,261%	2.173,09	0,344%
26	500	36,000	38,24	-0,073%	76,06	-0,073%	166,38	-0,024%	330,92	0,000%	792,09	0,069%	1.639,70	0,108%	3.182,94	0,832%
27	500	36,000	36,42	-0,206%	77,49	-0,162%	165,01	-0,092%	331,74	-0,068%	790,47	0,000%	1.657,29	0,065%	3.203,52	0,401%
28	500	36,000	37,25	-0,734%	80,37	-0,509%	168,76	-0,248%	330,42	-0,194%	794,39	-0,118%	1.638,44	0,000%	3.249,70	0,085%
29	500	36,000	38,91	-0,089%	79,62	0,000%	166,94	0,000%	331,93	0,000%	796,25	0,000%	1.646,02	0,349%	3.285,12	1,214%
30	500	36,000	38,26	0,062%	80,93	0,103%	165,83	0,103%	330,66	0,266%	800,17	0,413%	1.651,38	0,518%	3.261,86	0,518%
31	750	36,000	73,52	-0,242%	188,01	-0,194%	352,48	-0,194%	702,91	-0,083%	1.822,37	0,000%	3.761,19	0,068%	7.408,35	0,275%
32	750	36,000	72,38	-0,186%	187,68	-0,115%	360,07	-0,094%	709,42	-0,026%	1.826,49	0,000%	3.792,72	0,217%	7.429,61	1,804%
33	750	36,000	75,06	-0,131%	186,94	-0,108%	363,86	-0,073%	711,59	-0,054%	1.853,08	-0,012%	3.795,43	0,000%	7.413,78	0,276%
34	750	36,000	77,46	-0,045%	185,28	0,000%	365,92	0,000%	713,86	0,000%	1.842,94	0,000%	3.782,05	0,000%	7.430,82	0,000%
35	750	36,000	78,31	-0,192%	186,03	-0,158%	364,37	-0,124%	718,02	-0,095%	1.866,83	0,000%	3.788,46	0,694%	7.472,96	1,038%
36	1.000	36,000	109,18	-0,142%	216,85	-0,099%	442,68	-0,099%	901,57	-0,047%	2.243,97	0,000%	4.528,92	0,208%	9.284,37	0,519%
37	1.000	36,000	115,92	-0,091%	214,29	0,000%	445,19	0,000%	904,68	0,039%	2.251,36	0,065%	4.540,27	0,522%	9.310,52	0,712%
38	1.000	36,000	107,36	0,052%	215,07	0,137%	448,36	0,162%	908,93	0,194%	2.278,14	0,372%	4.572,19	0,591%	9.244,83	0,904%
39	1.000	36,000	109,25	-0,114%	213,90	0,000%	447,81	0,029%	915,72	0,088%	2.294,60	0,129%	4.618,85	0,393%	9.305,16	1,209%
40	1.000	36,000	107,51	-0,237%	216,84	-0,160%	450,27	-0,115%	913,61	-0,046%	2.315,73	-0,009%	4.612,07	0,038%	9.295,50	0,285%
ORTALAMA		27,006	32,84	-0,320%	70,16	-0,226%	143,65	-0,122%	288,14	-0,063%	736,43	0,037%	1.496,60	0,176%	2.999,63	0,490%

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Ayfer BAŞAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 21.01.1983, İstanbul
E-posta : ayferbasar@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2006, İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
- **Yüksek lisans** : 2008, Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER

- TÜBİTAK BİDEB Yurt İçi Doktora Burs Programı 2011-
- Sabancı Üniversitesi Öğrenim Ücreti Muafiyeti ve Yurt Bursu 2006-2008
- TÜBİTAK BİDEB Yurt İçi Yüksek Lisans Burs Programı 2006-2008
- Sabancı Üniversitesi Başarılı Ders Asistanlığı Sertifikası 2006-2007
- Sabancı Üniversitesi, “Supply Chain Management” Dersi En Başarılı Proje (İsveç’te düzenlenen CELS Çalıştayında Sunum Ödülü) 2007
- İTÜ Endüstri Mühendisliği Mezuniyet Derecesi (Bölüm 3.lüğü) 2006
- İTÜ Yüksek Onur Listesi 2001-2006
- İTÜ Başarı Bursu 2001-2006
- Mikro Yazılım Evi Başarı Bursu 2005-2006

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENLER:

- **Başar, A., Çatay, B., Ünlüyurt, T.,** 2012. A Taxonomy for Emergency Service Station Location Problem, *Optimization Letters* (SCI) 6(6): 1147-1160.
- **Başar, A., Kabak., Ö.,** 2013. A Decision Support Methodology for Locating Bank Branches in Turkey. *International Transactions in Operational Research* (değerlendirme aşamasında).
- **Başar, A., Kabak., Ö., Topçu, Y.İ.,** 2013. A New Mathematical Programming

Formulation for Locating Bank Branches in Turkey. In EWGLA 2013. Proceedings of the International Conference on *XX EURO Working Group on Locational Analysis*, 17 – 18 April, 2013 Ankara, Turkey: 37-38.

- Kabak, Ö., **Başar, A.**, Topçu, Y.İ., 2013. A New Methodology for Locating Bank Branches: A Case Study in Turkey, 26. *European Conference on Operational Research*, Rome, Italy.
- **Başar, A.**, Kabak, Ö., Topçu, Y.İ., 2014. Identifying the Criteria and Their Priorities for Locating Bank Branches in Turkey. *ISAHP*, 29 June – 2 July, 2014 Washington DC, USA.
- **Başar, A.**, Kabak, Ö., Topçu, Y.İ., 2014. Banka Şubeleri İçin Uygun Yer Seçiminin Belirlenmesine Yönelik Bir Tabu Arama Yaklaşımı. Yöneylem Araştırması Endüstri Mühendisliği Konferansı 34. Ulusal Kongresi, Uludağ Üniversitesi, Bursa.

