

**T.C.
Mersin Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Bilgi Yönetimi Ana Bilim Dalı**

**TESİS YERİ SEÇİMİNE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI: ENTEGRE BİR
MODEL ÖNERİSİ**

SAMİ ÖZCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mersin, 2014

T.C.
Mersin Üniversitesi
Sosyal Bilimler Enstitüsü
İşletme Bilgi Yönetimi Ana Bilim Dalı

TESİS YERİ SEÇİMİNE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI: ENTEGRE BİR
MODEL ÖNERİSİ

SAMİ ÖZCAN

Danışman
Doç. Dr. Tefik AYTEMİZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mersin, 2014



T.C.
MERSİN ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Sosyal Bilimler Enstitü Müdürlüğü



YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi Olarak Sunduğum “Tesis Yeri Seçimine Doğrusal Programlama Yaklaşımı: Entegre Bir Model Önerisi” Başlıklı Bu Çalışmanın, Bilimsel Etik Kurallara ve Geleneklere Uygun Şekilde tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini onurumla doğrularım.

16.07.2014.

Sami ÖZCAN

Mersin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Sami ÖZCAN tarafından hazırlanan "TESİS YERİ SEÇİMİNE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI: ENTEGRE BİR MODEL ÖNERİSİ" başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından İşletme Bilgi Yönetimi Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

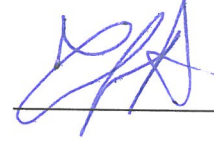
Başarılı



Başarısız

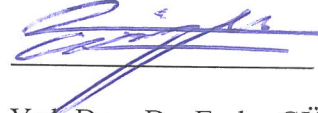


Üye



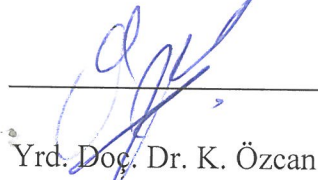
Doç. Dr. Tevfik AYTEMİZ
(Danışman)

Üye



Yrd. Doç. Dr. Ender GÜRGEN

Üye



Yrd. Doç. Dr. K. Özcan ATILGAN

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onayla.



ÖNSÖZ

Lisans eğitimimin başlamasından yüksek lisans tezimi yazdığım süre boyunca bıkmadan, usanmadan sabırla bana yardımcı olan, sadece eğitimim ile ilgili değil her konuda bana her zaman destek verenlerden biri olan ve akademisyenlik için en başta örnek aldığım çok değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Tevfik AYTEMİZ' e sonsuz şükranlarımı sunarım. Ayrıca bu çalışmanın en iyi şekilde ortaya çıkması için değerli yorumlarını esirgemeyen ve büyük katkı sağlayan jüri üyelerim Sn. Yrd. Doç. Dr. Ender GÜRGEN ve Yrd. Doç. Dr. Kalender Özcan ATILGAN ile birlikte kaynak edinmemde yardımını hiçbir zaman esirgemeyen değerli akademisyen arkadaşım Arş. Gör. Ali Kemal ÇELİK' e teşekkürlerimi sunarım.

Kilometrelerce uzakta olmalarına rağmen desteklerini her saniye hissettiren ve dualarını hiçbir zaman esirgemeyen annem Melahat ÖZCAN' a ve ağabeyim İlyas ÖZCAN' a; en zor zamanlarımda bile hiç düşünmeden elimden tutan ve hiç bırakmayan nişanlım Aşkın KİLİS' e, ailemden hiçbir farkı olmayan annem Remziye KİLİS ile babam Bedri KİLİS' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak yıllar önce kaybettiğim ve her zaman özlemle andığım merhum babam Mustafa ÖZCAN' ı bir kez daha saygı ve rahmetle anıyorum.

ÖZET

TESİS YERİ SEÇİMİNE DOĞRUSAL PROGRAMLAMA YAKLAŞIMI:

ENTEĞRE BİR MODEL ÖNERİSİ

Tesis yeri seçimini üretim faaliyetlerinin gerçekleştirileceği tesis konumunun belirlenmesi olarak tanımlamak mümkündür. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi üretim faaliyetlerinin gerçekleşeceği konum olması sebebiyle tesis yerinin doğru bir şekilde seçilmesi işletmeciler için en öncelikli karar alma süreçlerinden birisidir. Tesis yeri seçimi, tesisin kurulacağı bölge seçimi ile başlayan ve tesis binasının konumlandırılacağı arazi seçimi ile sona eren bir süreçtir. Bu süreçte karar almayı etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler ekonomik, doğal, sosyal ve psikolojik faktörler olarak sınıflandırılmaktadır. İşletmeciler için en önemli karar alma süreçlerinden biri olan tesis yeri seçiminde ortaya konan amaçlara göre birçok tesis yeri seçim modeli tasarlanmıştır. Bazı modeller talebi eksiksiz karşılamayı amaçlarken bazı modeller ise maliyetleri ve/veya talep merkezleri ile tesisler arasındaki mesafeyi minimize etmeyi amaçlar. Ortaya konan amaca göre belirlenen tesis yeri seçim modelleri için daha az kriterin ele alındığı klasik çözüm yöntemleri ile çok sayıda kriterin ve detaylı aramaların yapılabildiği sezgisel çözüm yöntemleri olmak üzere iki ana başlıkta çözüm yaklaşımları bulunmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle tesis yeri seçimi konusunda genel bilgiler verildikten sonra tesis yeri seçimi için geliştirilen çeşitli modeller ele alınmıştır. Daha sonra tesis yeri seçimi problemlerinin çözümü için geliştirilen çözüm yöntemleri ele alındıktan sonra maliyet minimizasyonunu amaçlayan modelleri kapsayabilecek olan genel bir model önerisinde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tesis Yeri Seçimi, Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Doğrusal Programlama

ABSTRACT

LINEAR PROGRAMMING APPROACH TO FACILITY LOCATION

SELECTION: AN INTEGRATED MODEL PROPOSAL

Facility location selection can be defined as selecting the facility location that production activities will take place. Hence it's the location which production facilities will take place. Therefore, selecting the facility location properly is one of the most prior decision processes for the business managers. Facility location selection is a process which starts with the selection of area and ends with the selection of the land which the facility building will be placed. In this process, there are plenty of factors that affect decision making. These factors are categorized as economic, natural, social and psychological. As one of the most important decision making processes in business management, there are plenty of mathematical models developed for the facility location selection problem. While some models aim to meet the customer demand, some models aim to minimize the distance between the costs and/or demand centers and facilities. There are two basic solution approaches to these models. One of them is classical solution approach which deals with less criteria and the other is intuitive solution methods which allows to perform detailed searches.

After providing general information about facility location and facility location selection process, several mathematical models developed for the facility location selection problem are investigated and classified according to their objective functions and constraints. Then, several solution approaches to facility location selection problem are summarized and finally a general linear programming model which combines several different facility location selection models into a single model, is suggested.

Key Words: Facility Location Selection, Facility Location Selection Models, Linear Programming

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
GİRİŞ	1
I. BÖLÜM: İŞLETMELERDE TESİS YERİ SEÇİMİ	5
I.1. Tesis Yeri Seçimi Problemlerinin Tanımı ve Önemi.....	5
I.2. Tesis Yeri Seçim Süreci	9
I.2.1. Tesisin Kurulacağı Ülkenin Seçimi	12
I.2.2. Tesisin Kurulacağı Bölgenin Seçimi.....	12
I.2.3. Bölge İçerisinde Tesisin Kurulacağı Spesifik Alanın Seçimi.....	13
I.2.4. Tesisin Kurulacağı Arazinin Seçilmesi	13
I.2.5. Arazi Üzerine Tesis Binasının Konumlandırılması	14
I.3. Tesis Yeri Seçimini Etkileyen Faktörler	16
I.3.1. Ekonomik Faktörler.....	17
I.3.1.1. Hammadde ve Yardımcı Malzeme Kaynaklarına Yakınlık.....	17
I.3.1.2. Pazara Yakınlık	18
I.3.1.3. İşgücü Olanakları	18

I.3.1.4. Enerji Kaynaklarına Yakınlık	18
I.3.1.5. Ulaşım İmkanları	19
I.3.2. Doğal Faktörler	20
I.3.2.1. İklim Koşulları	20
I.3.2.2. Arazinin Özellikleri, Arsa ve İnşaat Maliyetleri	20
I.3.2.3. Su Kaynaklarına Yakınlık.....	20
I.3.3. Sosyal Faktörler	21
I.3.3.1. Sosyal ve Kültürel Çevre	21
I.3.3.2. Atıkların Çevreye Etkileri.....	22
I.3.3.3. Yaşam Koşulları	22
I.3.4. Psikolojik, Fizyolojik ve Politik Faktörler	22
I.3.4.1. Teşvik Tedbirleri	22
I.3.4.2. Sendikalaşma.....	22
I.3.4.3. Dışsal Ekonominin Etkisi	23
II. BÖLÜM: TESİS YERİ SEÇİMİ MODELLERİ	24
II.1. Nitel ve Nicel Tesis Yeri Seçimi Modelleri.....	24
II.2. Tesis Yeri Seçimi Modellerinin Sınıflandırılması.....	25
II.2.1. Sürekli (Düzlem), Kesikli (Ayrık) veya Ağ Tesis Yeri Seçimi Modeller.....	26
II.2.1.1. Sürekli (Düzlem) Tesis Yeri Seçimi Modelleri	27
II.2.1.2. Kesikli (Ayrık) Tesis Yeri Seçimi Modelleri	28
II.2.1.2.1. Kaplama Problemleri.....	29

II.2.1.2.2. Medyan Problemleri	32
II.2.1.2.3. Dağılım Problemleri	35
II.2.1.3. Ağ Tesis Yeri Seçimi Modelleri	36
II.2.2. Mesafe Ölçüsüne Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri	36
II.2.3. Yerleştirilecek Tesis Sayısına Göre (Tekli - Çoklu) Tesis Yeri Seçimi Modelleri	37
II.2.4. Statik veya Dinamik Tesis Yeri Seçimi Modelleri	39
II.2.5. Deterministik veya Probabilistik Tesis Yeri Seçimi Modelleri.....	43
II.2.6. Tekli veya Çoklu Ürün Modelli Tesis Yeri Seçim Modelleri	45
II.2.7. Özel Sektör veya Kamu Sektörü Tesis Yeri Seçim Modelleri	48
II.2.8. Tek Amaçlı veya Çok Amaçlı Tesis Yeri Seçim Modelleri.....	50
II.2.9. Esnek veya Esnek Olmayan Talep Durumuna Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri	50
II.2.10. Kapasite Kısıtlı veya Kapasite Kısıtsız Tesis Yeri Seçim Modelleri	51
II.2.11. Talebin En Yakın Tesisten veya Dağıtılarak Karşılanmasına Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri.....	56
II.2.12. Hiyerarşik veya Tek Aşamalı Tesis Yeri Seçim Modelleri.....	56
II.2.13. İstenen veya İstenmeyen Tesisler Olmasına Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri	58
III. BÖLÜM: TESİS YERİ SEÇİMİ PROBLEMLERİNE ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI.....	61

III.1. Klasik Tesis Yeri Seçimi Yöntemleri.....	61
III.1.1. Puanlama veya Faktör Karşılaştırmalı Yöntemler	62
III.1.2. Yatırımların Karlılığı (Rantabilitesi) Yöntemi.....	64
III.1.3. Başabaş Analizi Yöntemi.....	65
III.1.4. Karlılık Karşılaştırma Yöntemi	65
III.1.5. Ağırlık Merkezi Yöntemi.....	66
III.1.6. Coğrafi Koordinatlar Yöntemi	68
III.1.7. Dal ve Sınır Algoritması	68
III.2. Sezgisel Çözüm Yaklaşımları	70
III.2.1. Lagrange Gevşetme Yöntemi.....	71
III.2.2. Genetik Algoritmalar	72
III.2.3. Tabu Arama Algoritması	74
III.2.4. Tavlama Benzetimi.....	76
III.2.5. Karınca Kolonisi Algoritması	76
IV. BÖLÜM: METODOLOJİ VE MODEL ÖNERİSİ.....	79
IV. 1. Model Varsayımları.....	83
IV. 2. Model Önerisi	84
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME.....	88
KAYNAKÇA.....	92

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Bina Konumlandırılması Yapılacak Olan Tesis İçin Seçilebilecek Arazi Yerlerinin Avantajları	16
Tablo 2: Tesis Yeri Faktörlerinin Önemli Oldukları Aşamalar	23
Tablo 3: Tesis Yeri Seçimi Puanlama Yöntemi Örnek Tablosu.....	63
Tablo 4: Yatırım Rantabilitesine Göre Tesis Yeri Seçimi Örneği.....	64
Tablo 5: Karlılık Yöntemi İle Tesis Yeri Seçimine Bir Örnek.....	66
Tablo 6: Tesis Yeri Seçimi Modelleri ve Bu Modellerin Amaçları.....	81

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Tesis Yeri Seçiminde Takip Edilen Yol	11
Şekil 2: Kesikli Tesis Yeri Seçimi Modellerinin Sınıflandırılması.....	29
Şekil 3: Mesafe Ölçüsüne Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri	37
Şekil 4: Başabaş Analizi Örneği.....	65
Şekil 5: Ağırlık Merkezi Yöntemi Örneği	67
Şekil 6: Çalışmanın Modeli	80

GİRİŞ

Günümüzde artan rekabet koşulları ve değişen müşteri istek ve ihtiyaçları, işletmelere kaliteli ürünler üretme zorunluluğu getirmiştir. Bu istek ve ihtiyaçları en iyi şekilde karşılamak için işletmeler daha fazla maliyete katlanmalıdırlar. Üretim işleminin gerçekleşeceği tesisin yerinin belirlenmesi bu maliyetlerin en başında yer almaktadır. Tesis yerinin belirlenmesi, üretim süreçlerinin bir araya getirileceği ve üretim faaliyetinin gerçekleştirileceği tesisin nereye kurulacağını belirlemesidir. Katlanılması gereken maliyetler içerisinde en fazla maliyete sahip olan tesis yeri seçiminin birçok faktör göz önünde bulundurularak belirlenmesi gerekmektedir. Yer seçimi yapıldıktan sonra teknolojik altyapı ve üretim sistemlerinin her istendiğinde yer değiştirilememesi nedeniyle tesis yeri seçimi büyük bir titizlikle yapılmalıdır. Tesis yeri seçimi süreci genelden özele doğru işleyen bir süreçtir. Tesis yeri seçimi süreci, öncelikle tesisin kurulacağı ülkenin seçimi ile başlar ardından o ülke içerisindeki bölgenin seçimi ile devam eder, bölge seçimi yapıldıktan sonra spesifik bir alan ve tesisin kurulacağı arazi seçimi ve sonrasında tesis binasının konumlandırılması ile sonlanır. Bu sürecin her evresinde ele alınması gereken birçok faktör bulunmaktadır. Ele alınması gereken en önemli faktörlerden biri üretilen ürünün hammaddesine olan yakınlık, nihai ürünün kullanıcısı olan tüketicilere yakınlık, üretimin yapılması için gereken enerji kaynaklarına yakınlık ve en önemli maliyetlerden biri olan işgücü ve hammadde ile tüketicilere ulaşım imkanları unsurlarını içeren ekonomik faktörlerdir. Tesisin kurulacağı bölgenin iklim koşulları, tesis binasının konumlandırılacağı arazinin yapısı ve özellikleri gibi doğal faktörler, çalışanların sosyal hayatlarını iyileştirecek sosyal ve kültürel faktörler ile psikolojik, fizyolojik ve politik faktörler de tesis yeri seçimi sürecini etkileyen faktörlerdir. Bu faktörleri oluşturan tüm alt faktörler

(unsurlar) veya bu alt faktörlerin bir kısmı ele alınarak aday tesis yeri yerleri değerlendirilir.

Tesis yeri seçimi için birçok model geliştirilmiştir. Bazı modeller, optimum tesis yerinin belirlenmesinden çok, tesis yeri kararı için önemli olabilecek tesis yeri şartlarının, tesis yeri faktörlerinin ve bölgesel özelliklerin belirlenmesinin, toplanmasının ve ele alınmasının daha önemli olduğu nitel tesis yeri modelleri olmaktadır. Bu modeller, tesis yeri faktörlerinin ve belirli bir problem için her bir tesis yeri faktörünün taşıdığı önem derecesinin belirlenmeye çalışıldığı tanımlayıcı modellerdir. Yani nitel tesis yeri seçimi modelleri tesis yeri kararının verilmesinden çok alternatif tesis yerlerinin değerlendirilmesi için bilgiler sunan modellerdir. Diğer tesis yeri seçimi modellerini ise nicel modeller olarak adlandırmak mümkündür. Bu tip modellerde ise sayısal değerler içeren etkenler ile oluşturulmuş olan karmaşık problemler halindeki alternatif tesis yerleri değerlendirilerek en uygun tesis yerine karar verilir. Nicel tesis yeri seçimi modelleri ile ilgili en genel sınıflandırma Daskin (1995) tarafından yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre tesis yeri seçimi modelleri; Sürekli (Düzlem), Kesikli (Ayrık) veya Ağ Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Ağaç Yapısında veya Genel Grafik Yapısında Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Mesafe Ölçüsüne Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Yerleştirilecek Tesis Sayısına Göre (Çoklu veya Tekli) Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Statik veya Dinamik Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Deterministik veya Probabilistik Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Tek veya Çoklu Ürün Modelli Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Özel Sektör veya Kamu Sektörü Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Tek Amaçlı veya Çok Amaçlı Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Esnek veya Esnek Olmayan Talep Durumuna Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Kapasite Kısıtlı veya Kapasite Kısıtsız Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Talebin En Yakın Tesisten veya Dağıtılarak Karşılmasına Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri, Hiyerarşik veya Tek Aşamalı Tesis

Yeri Seçimi Modelleri, İstenen veya İstenmeyen Tesisler Olmasına Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri olmak üzere 13 farklı şekilde sınıflandırılmaktadır.

Tesis yeri seçimi modellerinin çözümü için de aynı şekilde birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemler klasik ve sezgisel olmak üzere iki ana başlıkta toplanabilmektedir. Klasik çözüm yöntemlerinde model ile ilgili bilgilerin sayısallaştırılması ve uzman bir ekip tarafından analize tabi tutulması gerekmektedir. Sezgisel yöntemler ise tesis yeri seçimi problemlerini de kapsayan ve klasik çözüm yöntemleriyle makul bir sürede çözümü mümkün olmayan NP – Zor sınıfına giren optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan yöntemlerdir.

Bu çalışmanın ana konusu tesis yeri seçimi problemleridir. Mevcut durumda bu problemler, farklı özellikler ve amaçlar taşıması nedeniyle, literatürde birbirinden ayrı problemler olarak ele alınmakta ve incelenmektedir. Bu durum, ele alınan problemlerin gerek modellenmesi, gerekse çözülmesi konusunda farklı yaklaşımlara yol açmaktadır. Dahası, spesifik bir tesis yeri seçimi probleminin çözümünde kullanılan bir yaklaşım ondan çok az farklılık gösteren başka bir tesis yeri seçimi probleminin çözümünde geçerliliğini yitirmektedir. Bu tezin amacı farklı yapısal özelliklere sahip ve Daskin (1995) tarafından yapılan sınıflandırmada farklı sınıflara ait, birden fazla tesis yeri seçimi problemi için kullanılacak ortak bir doğrusal programlama modeli oluşturmaktır. Böylece tesis yeri seçimi problemlerinde ortak bir model kullanılabilmesi sağlanacaktır.

Tesis yeri seçimini ele alan bu çalışma toplam 4 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tesis yerinin tanımı ve tesis yeri seçiminin önemi, tesis yeri seçimi süreci ve bu süreci etkileyen faktörler detaylı bir şekilde açıklanmıştır. İkinci bölümde tesis yeri seçimi modellerinin sınıflandırılması konusu ve Daskin (1995) de yapılan geniş sınıflandırma ayrı ayrı anlatılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde tesis yeri seçim

modelleri için geliştirilen çözüm yöntemlerinden bahsedilirken dördüncü bölümde ise ele alınan sınıflandırma içerisinde yer alan farklı modelleri kapsayan ve birleştiren genel bir matematiksel model önerisinde bulunulmuştur.

I. BÖLÜM: İŞLETMELERDE TESİS YERİ SEÇİMİ

İşletmelerin tesis kurma çalışmaları sırasında üzerinde önemle durulması gereken konulardan biri de tesis yerinin seçimidir. Tesis yeri, işletmenin faaliyette bulunduğu yer olup, işletme büyüklüğü belirlendikten sonra yapılacak işlerin başında bunun seçimi gelir.

I.1. Tesis Yeri Seçimi Problemlerinin Tanımı ve Önemi

Dar anlamda tesis yeri; işletmelerin üretim faaliyetlerini üzerinde yürüttükleri yerdir (Tüzmen, 2010). Daha geniş tanımlar vermek istersek: üretim faaliyetleri için gerekli teknik ve ekonomik koşulları diğer yerlere göre en elverişli biçimde sağlayan, dolayısıyla girişimciyi başarılı kılan yer tesis yeridir (Cemalcılar, Bayar, Aşkun & Özalp, 1993). Ayrıntılı bir başka tanım ise şöyle yapılmıştır: Bir işletmenin tedarik, üretim, depolama ve dağıtım gibi temel fonksiyonlarını ve bunlara bağlı ekonomik amaçlarını gerçekleştirebileceği en uygun yer tesis yeridir (Barutçugil, 1988).

Tesis yeri ile ilgili tanımların hemen hemen tamamında özel sektör işletmelerinden bahsedilse de aslında tesis yeri kamu kuruluşları için de aynı derecede öneme sahiptir. Özel sektör işletmeleri üretim merkezlerini, satış noktalarını ve depolarının yerlerini belirlemeyi amaçlarken kamu kurumları da vatandaşlarına hizmet verecekleri noktalar ile ilgili kararlar verirler. Bu nedenle hangi sektörde yer alırsa alsın her kurum ve kuruluş tesis yeri seçimi problemleri ile karşı karşıya kalmaktadır.

Genel olarak tesis yeri seçimi problemlerini i adet tesisten j adet konuma yapılacak olan taşıma maliyetlerinin minimize edilecek şekilde tesislerin yerleştirilmesi olarak tanımlayabiliriz (Tavakkoli & Shayan, 1998). Daha açık bir tanım yapmak gerekirse; bir grup hizmet veren tesisin belli kısıtlar göz önünde bulundurularak, müşterilerin (talep noktası) taleplerinin karşılanması için katlanılacak olan maliyetlerini

minimum yapacak şekilde uygun konumlara yerleştirilmesini ve her bir müşterinin hizmet veren tesislere atanmasını ele alan problemlerdir (Bastı, 2012).

Tesis yerinin seçimi, yaklaşık olarak 180 yıl önce iktisatçı ve işletme iktisatçıların ilgisini çekmiştir. Sorunu ilk olarak inceleyenlerin Alman iktisatçıları olduğu bilinmektedir ki, en bilinenleri J.H- Von Thünen ile Alfred Weber'dir. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonraki gelişmelerde daha çok Anglo-Sakson, özellikle Amerikalı bilim adamları bu alanda etkili olmuşlardır ki, bunların arasında, başta W. Isard olmak üzere, W.J. Baumol, L. Moses, P. Wolfe, A. Kuehn sayılabilir (Mucuk, 2005).

İşletmeler kendi amaçlarını gerçekleştirebilecek olan en uygun tesis yerini seçmek isterler. Tesis yeri seçimi işletmenin başta üretim planlaması faaliyeti olmak üzere üretim kontrolü, malzeme taşıma, tesis yeri düzenleme gibi öteki faaliyetleri ile de yakından ilgilidir (Özdamar, 2007).

İşletmeler için tesis yeri seçimi orta ve uzun süreli bir planlamaya göre yapılır. Bu nedenle işletmenin tesis yeri seçiminin en başta sağlam temellere dayalı olması gerekir. Çünkü yanlış bir işletme tesis yeri seçimi, kısa ve orta sürede değiştirilemeyeceğinden bu durum işletmeyi büyük zararlarla karşı karşıya bırakabilir. Yanlış bir tesis yeri seçimi, işletmenin yıllar boyunca üzerinden atamayacağı bir yük olabilir. Bu nedenle işletme tesis yeri seçiminin birçok faktör göz önünde bulundurularak nesnel ilkelere göre doğru bir şekilde yapılması gerekir (Tekin, 2011).

Yanlış bir tesis yeri kararının verilmesi işletmeler kadar milli ekonomiyi de etkilemektedir. Üretim faktörlerinin kıt olduğu gelişmekte olan ülkelerde ülke kaynaklarının israfına neden olan yanlış yer seçimi, bununla birlikte teknoloji ve işletmenin sahip olduğu maddi varlıkların da atıl duruma düşmesine sebep olmaktadır. Bu

şekilde hem işletme üretime geçemediğinden veya geç geçtiğinden dolayı zarar edecek hem de ülke ekonomisi zarar görecektir.

Bu nedenle yeni bir işletme için tesis yeri ilk olarak ele alınması gereken bir konudur. Kötü seçilmiş bir tesis yeri, işletmeyi daha faaliyete geçmeden sona sürükleyebilir. Bu sebeple bir işletme kurulurken girişimci, başarısını ya da başarısızlığını önemli ölçüde belirleyen kararlar dizisini iyi incelemelidir. Bunlar (Demir & Gümüşoğlu, 2009);

i. Çalışmaların ölçüsü (Çalışma derecesi ya da kapasite).

Bu ölçüye ne nicelikte ürün üretilecek ya da hizmet sunulacak ve müşteriye hangi fiyatla iletilecek gibi konular da girer.

ii. Uygun üretim öğeleri birleşiminin (kombinasyon) seçimini kapsayan tekniğin benimsenmesi (Üretim/İşlemler yönetimi).

iii. İşletmenin tesis yeri.

Bu üç öğeden oluşan karar dizisinin her bir elemanı birbirine bağlı bir şekilde düşünülmelidir, çünkü birbirleri ile yakından ilişki içinde bulunurlar. Kapasiteler değişik pazarlara girebilmek için değişik miktarlarda üretim gerektirdiğinden farklı tesis yerlerini gerektirebilir. İşletmelerin büyük miktarlarda ihtiyaç duydukları öğeleri (başta hammadde olmak üzere tüm üretim öğelerini) ucuz kaynaklardan sağlamaya çaba göstermesi üretim öğeleri ve üretim tekniklerini (yöntemini) etkileyebilir. Aynı şekilde kapasite ve üretim teknikleri birbirlerini de etkilemektedir. Ancak kapasite ve üretim teknikleri arasındaki etkileşim, kapasitenin tesis yeri seçimine etkisinden ve üretim tekniklerinin tesis yeri seçimine etkisinden daha az olmaktadır.

Büyük karlar elde eden işletmelerden bazıları zamanla yüksek satış fiyatlarına karşın karlarının düşmekte olduğunu görebilirler. Bunun ana nedenlerinin başında,

işletmelerin tesis yerinden kaynaklanan rakiplerine göre yüksek maliyet giderleriyle üretim yapmaları gelmektedir. Bu durumdaki işletmeler ya buldukları yerlerde kalarak yüksek maliyet giderlerini, üretimin başka aşamalarında gerçekleştirecekleri tasarruflarla gidermek, ya da yerleşim alanlarını değiştirerek çok daha elverişli bir bölgeye kayma seçenekleriyle karşı karşıyadırlar (Karalar, 2005).

İşletmelerin mevcut tesisi olmasına rağmen yeni bir tesis yerine ihtiyaç duymalarının temel sebeplerini şöyle sıralamak mümkündür (Tekin, 2012):

- İşletmenin girdilerinde meydana gelen değişimler
- Müşteri yoğunluğunun coğrafi olarak yer değiştirmesi
- Şirket birleşmesi veya işletmenin büyümesi
- Teknolojik değişim sonucu yeni üretim tekniklerinin ve makine - teçhizatların kullanılması

Tesis yeri seçimi yukarıda belirtilen şekillerde olabileceği gibi aynı zamanda tüm işletme bölümleri için söz konusu da olmayabilir. Kimi bölümler değişik yerlerde kurulabilirler. Girişim bir ya da birkaç bölümünü maliyet giderleri avantajlarından ya da sosyal politik nedenlerden ötürü aynı yerde buldurmamayı tercih eder. Ana tesis bir yerde, yedek parça tesisi bir başka yerde, araştırma ve geliştirme bölümü ise öteki işletmelerin AR-GE bölümleriyle işbirliği yapabileceği ve/veya olanakların daha iyi olduğu bir bölgede olabilir. Bir işletmenin 30 - 50 yıl gibi bir süre aynı yerde çalışmalarında bulunması, girişimin yer değiştirme ya da var olanı kapatıp başka yerde yenisini açma sorunu ile hiç karşılaşmadığı anlamına gelmemelidir (Demir & Gümüšoğlu, 2009).

Belirtildiği üzere bir ülke içerisinde mevcut ve yeni kurulacak tesislerin zaman akışı içinde daima hareket halinde olduğu görülür. Yer seçimini etkileyen faktörlerden birinin önemini kaybetmesi, başka birinin de önem kazanması sonucunda bir endüstri tesis

yeri ve tesis ile ilgili karar vermek zorunda kalabilir. Satışların artması, pazar kayması, kaynakların tükenmesi, gibi sebeplerden dolayı firma aşağıdaki kararlarla karşı karşıya kalabilir (Garett & Silver, 1973)

- i. İşi rakiplere bırakmak
- ii. Olanaklı ise mevcut tesisleri genişletmek,
- iii. Mevcut tesisi genişletmeden taşeron işletmelerle varlığını sürdürmek,
- iv. Mevcut tesisi kapatmadan gereksinim duyulan ek üretimi başka yerde kurulacak yeni bir tesis/işletme ile karşılamak,
- v. Mevcut tesisi tamamen kapatarak yeni bir tesis kurmak.

Optimal tesis yeri seçilirken; verimlilik, iktisadilik, karlılık ve etkinlik faktörlerinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu dört faktör şöyle açıklanabilmektedir (Tekin, 2012).

Verimlilik: bir üretim ya da hizmet sisteminin ürettiği çıktı ile, bu çıktıyı yaratmak için kullanılan girdi arasındaki ilişkidir.

İktisadilik: belirli girdilerle elde edilen mal ve hizmet üretiminin birim başına düşen maliyetin minimum olduğu durumu gösterir.

Karlılık: belirli bir dönemde kullanılan sermayenin verimliliğini ifade etmekte olup, sermayedeki artışı gösterir.

Etkinlik: işletmenin önceden belirlenen amaçlarına ve hedeflerine ulaşabilme derecesini ifade etmektedir. Etkinlik, işletme faaliyetlerinin etki ve verimliliğiyle yakından ilgilidir.

I.2. Tesis Yeri Seçim Süreci

Bir işletme kurulmadan önce, ön çalışmalar yapılır. Bu çalışmaların ilk aşamasını da tesis yerinin belirlenmesi oluşturur. İşletmenin kurulma aşamasında ilk

önemli faktör tesis yeri seçimidir. Bu nedenle tesis yeri seçilirken çok titiz bir çalışma yapılması gerekir.

Tesis yerinin seçimi aşamasında uyulması gereken belli prensipler vardır. Bunlar şöyle özetlenebilir (Kobu, 2003).

a. İşletmenin ihtiyaçları objektif olarak saptanmalıdır. Seçilecek yerin bu ihtiyaçları en iyi şekilde karşılayacak nitelikte olması istendiğinden açık, tam ve eksiksiz ihtiyaç tanımları yapılması şarttır.

b. Seçilecek yerin tesisin faaliyetlerine yapacağı etkileri belirleyen karakteristikleri saptanmalıdır. İhtiyaçlarda olduğu gibi burada da tam ve gerçeğe uygun bilgilerin toplanmasına özen gösterilmelidir.

c. Yer seçimi çalışmaları belirli aşamalar birbirine karıştırılmadan ve sıra ile yürütülmelidir.

d. Her aşamanın gerektirdiği uzman kişi ve tesisler isabetle saptanarak yararlanma olanakları araştırılmalıdır.

Bu prensipler göz önünde bulundurularak tesis yerinin belirlenmesi gerekmektedir. Yer seçimi yapılırken aşağıda belirtilen aşamaların eksiksiz ve doğru biçimde yerine getirilmesi doğru sonuca ulaşma da önemlidir (Üreten, 2006).

Aşama 1: İşletmelerin ihtiyaçları doğrultusunda tesis yerinde bulunması gereken özelliklerin, başka bir deyişle, önemli tesis yeri faktörlerinin belirlenmesi,

Aşama 2: Politik, sosyal, ekonomik ve pazarla ilgili verilerden yararlanılarak tesis yeri alternatiflerinin belirlenmesi

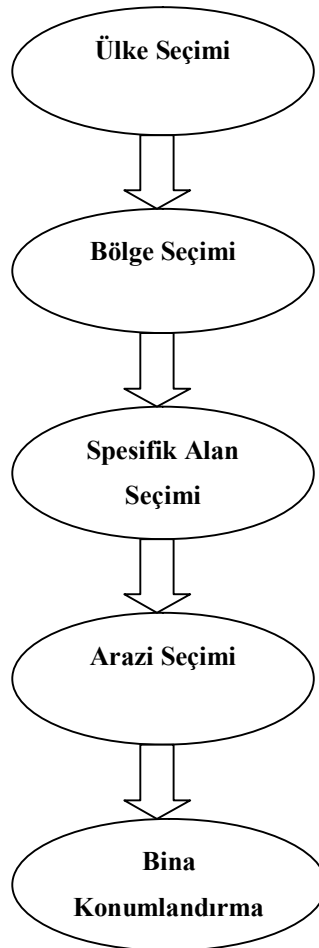
Aşama 3: Alternatiflerin, temel ihtiyaçlar karşısında değerlendirilerek kabul edilmeyecek nitelikte olanlarının elenmesi

Aşama 4: Uygun modeller kullanılarak (maliyet-hacim vb.), alternatiflerin sayısal (yani ekonomik) temele göre karşılaştırılması,

Aşama 5: Daha az somut faktörlerin göz önüne alınması için faktör sıralama yöntemi veya diğer sübjektif yöntemler kullanılarak alternatiflerin sayısal olmayan temele göre karşılaştırılması,

Aşama 6: Alternatifler içinden en iyi tesis yerinin seçilmesi

Yukarıda yer alan aşamalar izlenerek karar verilecek tesis yeri seçimi ülke seçimi ile başlayarak arazi seçimine doğru bir yol izler.



Şekil 1: Tesis Yeri Seçiminde Takip Edilen Yol

I.2.1. Tesisin Kurulacağı Ülkenin Seçimi

Günümüzde, dünyadaki son gelişmeler ışığında tesis yeri seçimi uluslararası düzeyde düşünülmesi gerekli hale gelmiştir (Türk Sanayici ve İş Adamları Derneği [TÜSİAD], 1991). Yöneticinin ilk olarak tesis yerinin ülke sınırları içinde mi yoksa dışında mı olacağına karar vermesi gerekir. Günümüzde işletmelerin uluslararası ve çok uluslu nitelik kazanması, tesis yerinin dünyanın neresinde olması gerektiği şeklinde bir sorun yaratmıştır (Üreten, 2006). Uluslararası düzeyde yatırım yaparak tesis yeri seçecek olan işletmeler, yatırım yapacakları ülkenin sosyal ve siyasi yapısı, vergi sistemi, sermaye ve para piyasası, ülkede uygulanan maliye ve para politikaları, politik risk ve finansal risk gibi faktörleri dikkate alarak karar vermelidirler (Tekin, 2012).

I.2.2. Tesisin Kurulacağı Bölgenin Seçimi

Tesisin kurulacağı ülke seçiminin ardından ikinci aşama ülke içerisinde tesisin kurulacağı bölge seçimidir. Bu aşamada işletmenin amaçlarında olabildiğince yüksek karlılığı sağlayacak optimal bölgenin seçilebilmesi için göz önünde bulundurulması gereken birçok faktör vardır. Bu faktörler şöyle sıralanabilir (Kobu, 2003):

1. Talep ve dağıtım olanakları açısından pazar elverişliliği,
2. Hammadde kaynaklarının şimdiki ve gelecekteki durumu,
3. Yan sanayi tesislerinin varlığı
4. Çeşit, yoğunluk ve maliyetler açısından ulaşım olanakları,
5. Enerji kaynaklarının şimdiki ve gelecekteki durumu ve maliyetleri,
6. İşletmenin faaliyetlerini ve personelin yaşantısını etkileyebilecek iklim koşulları,
7. Miktar, kalite ve ücret açısından işgücü kaynakları,
8. Devletin yasalarla belirlediği kısıtlayıcı ve teşvik edici faktörler.

I.2.3. Bölge İçerisinde Tesisin Kurulacağı Spesifik Alanın Seçimi

Üçüncü aşamada, bir önceki aşamada seçilen coğrafi bölge içerisinde bir yerleşim bölgesi seçilecektir. Örneğin, coğrafi bölge olarak Akdeniz Bölgesi'ni seçen bir işletmenin, yerleşim bölgesi olarak bu bölge içinde Adana – Mersin arasını seçmesi mümkündür. Yerleşim yeri olarak şehir içi, banliyo ve şehir dışı seçeneklerinin yarar ve sakıncaları belirlenir. Üç seçenek arasından, kurulacak tesisin ihtiyaçları ve bu ihtiyaçlar karşısında alternatif yerleşim bölgelerinin özellikleri göz önünde bulundurularak seçim yapılır. Bu seçimde genellikle, arsa bulunabilirliği; arsa ve bina maliyeti; işgücü temin durumu ve maliyeti; hammadde ve personelin tesise uzaklığı ve nakil olanakları; enerji, yakıt, su, kanalizasyon durumu; tesisin halihazırda planlanan ve gelecekteki boyutları; yeni tesislere karşı toplumun tavrı; yöneticilerin tercihi; finansal kurumların, sağlık ve eğitim kurumlarının mevcudiyeti ve işletmenin çevre üzerindeki etkileri gibi faktörler göz önüne alınır (Üreten, 2006).

I.2.4. Tesisin Kurulacağı Arazinin Seçilmesi

Tesisin kurulacağı yer için bölge belirlendikten sonra bölge içinde belirli bir yer ve uygun bir arsa (arazi) seçilmektedir. Arazi seçimindeki kriterler daha çok teknik düzeydedir. Bölge seçimindeki faktörlerle aynı adı taşıyanlar faktörler de mikro düzeyde bulunurlar. Bu faktörler şöyle sıralanabilir (Özcan, 2005):

- a) Diğer işletmelerle bütünleşme olanağı
- b) Sayı ve nitelik olarak uygun işgücünün sağlanması
- c) Dışarıdan gelecek çalışanlar için yeterli ve uygun konut bulunması
- d) Uygun bir toplumsal yapının varlığı
- e) Ulaştırma sisteminin varlığı ve etkinliği
- f) Malzeme, yedek parça sağlama kolaylığı, yan sanayinin durumu

- g) Özellikle şehir içi yerleşiminde karşılaşılan oto park sorunu
- h) Arazinin normal ve acil durumlarda ulaşılabilirliği
- i) Gaz, elektrik, su, kanalizasyon ve benzeri hizmetlerin yeterliliği
- j) Arazinin maliyeti, toprak ve iklim durumu
- k) Bölgesel arazi kullanım ve inşaat kuralları ve yasal düzenlemeleri
- l) Genişleme için yeterli alanın varlığı
- m) İşletmenin ve çevresinin güvenlik gereksinimi
- n) Bölgesel yönetimin sağladığı özel kolaylıklar, bağışlar, düşük faizli krediler ve ucuz kiralar

I.2.5. Arazi Üzerine Tesis Binasının Konumlandırılması

Arazi seçimi sonunda, seçilen arazi üzerinde bina konumlarının belirlenmesi için aşağıda sıralanan ölçütlere dikkat edilmesi gerekir (Özcan, 2005):

- a) Demir yolu, yan hatlardan yararlanacak binalar, bunlara yakın yerleştirilmelidir.
- b) Teslim alma, gönderme ve ana depo binaları gibi taşımanın önemli olduğu binalar, kara yoluna ve caddeye yakın olmalı ve bunların bağlantıları düşünülmelidir.
- c) Taşıt araçları park yerleri, yollara ve çalışma yerlerine yakın olmalıdır. Bu nedenle birden fazla park yeri düşünülebilir.
- d) Havalandırma, hoş olmayan koku ve dumanların atılması için hakim rüzgarların durumuna göre binaların konumları belirlenmelidir.
- e) Aydınlatma ve ısıtmada güneş ışığından yararlanılacak biçimde binalar yerleştirilmelidir.

f) Daha sonraki gelişmeler için yapılacak ilavelerin, ekonomik ve imalatın aksatılmadan yapılabilmesini sağlayacak biçimde bina konumları belirlenmelidir. Bunun için yollar, demiryolları, enerji, su ve buhar boruları, ilavelerden dolayı büyük değişikliklere uğramamalıdır.

g) Malzeme taşıma ve öteki hizmetlerin maliyetlerini arttırıcı lüzumsuz bina dağılımlarından kaçınılmalıdır.

h) Toz, duman ve buna benzer şeylerin kaynakları durumunda olan binalar, arazinin rüzgar altı bölgesine yerleştirilmelidir.

i) Drenaj, artıkların atılması ve malzeme taşımada arazi eğiminden yararlanacak biçimde bina konumları belirlenmelidir.

j) Ziyaretçilerin giriş çıkışları ve iş takibini kolaylaştırmak için ve güvenlik nedenleriyle, büro ve genel idare binaları ana yola yakın olmalıdır.

k) Tehlikeli süreçleri ötekilerden ayıracak ve yangının bir binadan diğerlerine sıçramasını azaltacak biçimde bina konumları belirlenmelidir.

l) Binaların yerleşiminde estetik görünüm dikkate alınmalıdır.

Yukarıda değinilen konular dikkate alınarak yapılan analizler ve çalışmaların sonucunda, arazi üzerinde bina konumlarının belirlenmesi bir plan yapılmasıyla son bulur.

Binaların yerleştirilmesinde kurulacak olan tesisler şehir merkezlerinde, şehir etrafında veya kırsal bölgelerde yer alırlar. Bu üç tesis yerinin kendilerine özgü avantajları bulunmaktadır. Bu avantajları şu şekilde incelememiz mümkündür.

Tablo 1: Bina Konumlandırılması Yapılacak Olan Tesis İçin Seçilebilecek Arazi Yerlerinin Avantajları

Arazi Yeri	Olumlu Yönleri
<i>Şehir Merkezinde</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hammadde, işgücü ve nihai ürünler için çok iyi taşıma sistemleri ✓ Vasıflı - vasıfsız işgücü arzının fazlalığı ✓ Tamamlayıcı yan sanayiler ✓ Yerel pazarların genişliği ✓ Finansman kolaylıkları ✓ Kamu hizmetlerinin daha yeterli olması ✓ İşletmenin danışmanlık ve teknik destek alma olanağının fazlalığı
<i>Şehir Etrafında</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hem şehir merkezi avantajlarından hem de kırsal bölge avantajlarından büyük oranda yararlanabilme ✓ Organize sanayi bölgelerinin varlığı ✓ Arazilerin daha geniş olabilmesi ✓ İşgücü, finans, yan sanayi ve yerel pazarlar konusunda yakın şehirlerle karşılaştırma yapılabilme olanağının daha kolay olması
<i>Kırsal Bölgede</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Su kaynaklarının bolluğu ✓ Arazi fiyatlarının daha uygun olması ✓ Vergilerin düşük olması ✓ Yasa sınırlamalarının daha az olması ✓ İşgücünün sabit olması ✓ Avcılık, balıkçılık vb. ile doğal eğlence imkanlarının fazlalığı

Kaynak: Leonard J. Garrett ve Milton Silver, Production Management Analysis, Harcourt Brace Jovanovich Inc, New York, 1973

I.3. Tesis Yeri Seçimini Etkileyen Faktörler

Tesis yeri bir yandan en uygun fiyat ve miktarda hammadde, işgücü temini sağlayacak diğer yandan da en düşük maliyetle dağıtım gerçekleştirebilecek; sonuç olarak işletmenin kârını maksimuma getirecek bir yer olmalıdır. Bu nedenle çok yönlü faktörlerin

etkisi altında olan tesis yeri seçilirken objektif kararların verilmesi gerekir (Korkut, Doğan & Bekar 2010).

Tesis yerini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörleri ekonomik faktörler, doğal faktörler, sosyal faktörler ve psikolojik, fizyolojik ve politik faktörler olmak üzere dört ana başlık altında toplamak mümkündür.

I.3.1. Ekonomik Faktörler

Ekonomik faktörler doğrudan işletmenin maliyet unsurlarından oluşmaktadır. Bir tesisin kurulmasında ve üretimin başlamasından tüketiciye sunulmasına kadar ki süreçte hammadde kaynaklarının taşınması, işgücü potansiyelinin durumu, çalışanların ücretlendirilmesi, kolay ulaşım vb. birçok faktör ekonomik faktörler arasında yer almaktadır.

I.3.1.1. Hammadde ve Yardımcı Malzeme Kaynaklarına Yakınlık

Hammaddenin istenilen niteliklere sahip olması, sürekli ve güvenilir olarak elde edilebilirliği, seçilecek tesis yerini belirleyen önemli faktörlerdendir. Bununla birlikte hammadde faktörünün üretim maliyetine etkisini minimize edecek bütün faktörler tesis yerinin seçiminde dikkate alınmalıdır. Bu faktörlerin gerekli analizler yapılarak; hammadde ve yardımcı malzeme faktörünün, tesis yeri değerlemesindeki etkisi ortaya konulmalıdır. Hammaddelere yakınlık, kolaylıkla bozulabilen, büyük hacimli, dolayısıyla taşıma gideri yüksek olan ve üretim işlemi sırasında ağırlığından çok miktar kaybeden hammaddeler için oldukça önemlidir. Örneğin; şeker ve şeker mamulleri ile sebze, meyve ve balık konservesi yapımcıları, et ve süt gibi tarımsal ürünleri işleyen sanayiler, çelik, alüminyum, elektrik vb. imal eden işletmeler hammaddeleri çokça yetiştirildiği ya da bulunduğu bölgelere yakın yerlerde kururlar (Eleren & Yılmaz, 2011).

I.3.1.2. Pazara Yakınlık

Son ürünlerin büyük ağır veya kırılabilir olduğu durumlarda ve ulaştırma masrafları yüksek olduğunda tesis yerinin pazarlara yakın olarak belirlenmesi önem kazanmaktadır. Örneğin, ağır metal ve plastik boru üreticileri tesis yerinin belirlenmesinde pazara yakınlık üzerinde odaklanmaktadırlar. Bazı işletmeler çeşitli yerlerde üretim tesisleri kurmak suretiyle pazarın bütününe yakın olmayı hedeflemektedirler. Yan sanayinin parça ve malzeme sattıkları tesislere yakın bir tesis yeri tercih etmeleri de tesis yerinde pazara yakın olma faktörünün önem kazanması sonucundadır (Yüksel, 2010).

I.3.1.3. İşgücü Olanakları

İşgücü, bir yandan üretim faktörlerinden en önemlisi olması, diğer yandan toplam üretim maliyeti içinde ücretlerin önemli bir oranı bulunması yönlerinden incelenmelidir (Özer, 2005). Bunun yanında işgücünün, tesis yerinin seçimini etkilemesi yönünden, düz işçi ile yetenekli işgücü farklılık gösterir. Düz işgücü hemen her bölgede ve yeteri kadar bulunabileceğinden, etkinlik bakımından yetenekli işgücü kadar önemli değildir. Usta işçiye çok ihtiyaç gösteren işletmeler, bu işçilerin bol olduğu bölgelere doğru yerleşme eğilimindedirler. Her ne kadar, eğitim yolu ile usta işçi yetiştirmek mümkün ise de, bunun giderleri tesis halindeki işletmeye yüklettirmek istenmez (Gülerman, 1978).

I.3.1.4. Enerji Kaynaklarına Yakınlık

İşletmeler, ihtiyaç duydukları enerjinin bol ve ucuz olduğu yerleri tesis yeri olarak seçebilirler. Özellikle su, kömür ve elektrik enerjisi kaynaklarının bulunduğu yerler tercih sebebi olabilirler. Örneğin, çimento, şeker gibi enerji ihtiyacı fazla olan işletmeler, ucuz su ve elektrik enerjisi elde edilen akarsu kenarlarında kurulur (Tüzmen, 2010).

Genel olarak tüm üretim faaliyetleri elektrik, su ve atık yönetimi hizmetlerini içerir. Örneğin, kimyasal işleme, kağıt, nükleer enerji şirketleri vb. ağır sanayi

işletmelerinin soğutma işlemleri için büyük miktarlarda su ihtiyacı olması nedeniyle bu işletmeler bol su kaynağı olan yerlerde kurulur (Mercan & Halıcı, 2007).

I.3.1.5. Ulaşım İmkanları

Hemen hemen bütün işletmeler üretim faaliyetleri için gerekli ham ve yardımcı maddeleri satın almak ve bunları iş yerine getirmek, ürettiği mamulleri de pazara göndermek zorundadırlar. Bu anlatım, işletmelerin bazen bir, bazen de iki yönlü taşıma giderlerine katlanmaları gerektiğini ortaya koyar. Tesis yeri incelemelerini tamamladıktan sonra bir işletme, hammadde kaynağına yakın bir yere yerleşebilir. Bunun anlamı, işletmenin hammadde taşıma giderlerine katlanmayacağı, buna karşılık mamulü pazara taşıma giderlerine katlanacağıdır. Diğer bir işletme ise pazara yakın bir yer seçimi yapabilir. Bu durumda işletmenin katlanacağı taşıma giderleri ise, birincininkinden tamamen terstir. Yani, hammaddeyi işletmeye taşımak için katlanılması gereken giderler büyük bir tutara ulaşırken, mamulün pazara taşınması için gerekli giderler önemsenecek kadar az olur (Özer, 2005).

Başlangıçta ulaştırma giderlerine göre seçilmiş bulunan tesis yerinin kısa bir süre sonra geçerliğini kaybetmesi mümkündür. Ulaştırma hizmetlerinde zaman zaman önemli gelişmeler olmakta, bu gelişmeler ulaştırma süresi ve maliyeti üzerinde önemli etkiler yapmaktadır. Demiryolu taşımacılığının hız kazanması, yan hizmetlerle birlikte kapıdan kapıya servis durumuna dönüşmüş olması veya kamyon taşımacılığının tır taşımacılığı şeklinde büyük miktarlara ulaşması veya hava taşımacılığının zamanla ucuzlamaya başlaması, daha önce seçilen ulaştırma aracının değiştirilmesini gerekli kılabilir (Gülerman, 1978).

I.3.2. Doğal Faktörler

Doğal faktörler, işletmenin faaliyette bulunduğu iş kolunu yakından ilgilendiren faktörlerdir. İşletmenin faaliyet alanını olumlu veya olumsuz etkileyebilecek doğal faktörler tesisin kuruluş aşamasında göz önünde bulundurulmalıdır. Tesis yerinin yer aldığı bölgenin iklim koşulları, arazi özellikleri ve su kaynaklarına yakınlığı tesisin çalışma gücünü doğrudan etkileyebilecek bir güce sahiptir.

I.3.2.1. İklim Koşulları

Sıcaklık, yağış, nemlilik, rüzgar gibi elemanları kapsayan iklim, bazı durumlarda önemli bir faktör durumuna gelebilir. Aşırı ısı farkı ve nemlilik insan sağlığına zararlı olduğu gibi çalışma gücünü de etkiler, verimliliği düşürür. İklimin bu olumsuz etkilerini gidermek için tedbirler alınabilirse de bu tedbirlerin maliyetleri arttıracığı unutulmamalıdır. Sözgeşi, soğuk bölgelerde kurulan işletmelerin ısıtılması için bazı yan masraflara katlanmak gerekir. Bu nedenlerden dolayı iklim koşulları normal olan yerlerin tesis yeri olarak seçilmesinde yarar vardır (Cemalcılar et al., 1993).

I.3.2.2. Arazinin Özellikleri, Arsa ve İnşaat Maliyetleri

Arsa ve inşaat maliyetleri bölgeler itibarıyla farklılık gösterdiğinden yer seçiminde bu faktörün de göz önüne alınması gerekir. Ayrıca, üretimin gerektirdiği arazi özelliklerinin doğal olarak mevcut olmaması halinde, gerekli yatırım harcamalarına katlanmak suretiyle, bu özelliklerin yapay olarak sağlanması gerekir. Tesis yeri seçimi konusunda yapılacak değerlendirmede bu konu da gözden kaçırılmamalıdır (Üreten, 2006).

I.3.2.3. Su Kaynaklarına Yakınlık

Hemen hemen bütün sanayilerde kaçınılmaz derecede lüzumlu olan bir girdi kalemi de sudur. Suyu hem insanların çeşitli ihtiyaçlarının karşılanması hem de birçok sanayi amaçları için (kazanlar, soğutucular, sanayi işlemler) ihtiyaç vardır. Tesis yeri faktörü

olarak en önemli etkisi bir yerde bulunup bulunmadığıdır. Bu etki, diğer faktörlerin tayin ettiği alternatif yerlerde suyun istenen miktar ve kalitede bulunması halinde en az öneme sahip olacaktır. Bu yerlerden bazılarında su bulunup diğerlerinde bulunmadığı takdirde, su önemli bir tesis yeri faktörü haline gelir (Tenker & Osmanağaoğlu, 1967: 249).

I.3.3. Sosyal Faktörler

İşletmelerin en önemli girdilerinden birisi insan gücüdür. Tesisin hangi kademesinde görev alırsa alsın insan unsurunun yaşam şartları ve çevresi çalışanların performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle tesisin kurulacağı yerde yaşayan diğer insanların iletişime kapalı olması veya tesise yakın bir yerleşimin olmaması gibi etkenler çalışanları olumsuz etkiler. Bunun yanında günümüzde artan çevre bilinci sonucunda tesisin atıklarının değerlendirilmesi ve doğaya zararlı olup olmaması tesisin kurulacağı yerde yaşayan insanların tesisi kabullenme derecesini belirlemektedir.

I.3.3.1. Sosyal ve Kültürel Çevre

İşletmede görev alanların ve bunların aile fertlerinin sosyal ve kültürel ihtiyaçlarını gidermeye yarayacak kurumların bulunduğu yerlere yakınlık da önemli bir tesis yeri faktörü ortaya çıkabilir. İşletmede, yetenekli üst düzey yöneticilerinin istihdam edilebilmesi için, işletmenin kurulacağı yerin çevresinde bu yöneticilerin ve ailelerinin sosyal ve kültürel ihtiyaçlarını karşılayacak bir ortamın mevcut olması gerekir. Böyle bir ortamın bulunmadığı durumlarda, çoğu zaman işletmelerin üretim üniteleri ile birlikte çalışanların sosyal ve kültürel ihtiyaçlarını karşılayacak tesisler de inşa edilir. Bu tesisler genelde lojman, okul, lokal, restoran, kreş, spor ve dinlenme tesisleri olabilmektedir (Karalar, 2005).

I.3.3.2. Atıkların Çevreye Etkileri

Son yıllarda hava kirliliği, çevre sağlığı ve akarsu/denizlerin temiz tutulması, üzerinde ciddiyetle durulan konular haline gelmiştir. Bu nedenle tesis yeri seçiminde, konum yerinin şehirlere, akarsu ve denizlere yakınlığı, katı ve sıvı atıkların bölgeye etkileri incelenmelidir. Arıtma tesisi kurmak gibi çevre sağlığını korumak için yapılması gereken yatırım ve giderler tahmin edilmelidir (Üreten, 2006).

I.3.3.3. Yaşam Koşulları

Bölgedeki barınma, giyecek, yiyecek fiyatlarının düzeyi işgörenler açısından önemli faktörlerdir. Ayrıca çalışanlar iyi bir yerde yaşamak ve tatmin edici bir sosyal yaşam sürdürmek isterler; yakın çevrede eğitim olanaklarının, sağlık kuruluşlarının ve kültürel faaliyetlerin bulunmasını arzu ederler (Üreten, 2006).

I.3.4. Psikolojik, Fizyolojik ve Politik Faktörler

İşletmeler, tıpkı diğer süreçlerde olduğu gibi tesis yeri seçiminde de en az maliyete katlanmak isterler. Bu nedenle tesis yeri seçiminde devletin teşvik politikalarını, bölgedeki diğer tesisleri ve sendikalaşma gibi unsurları yakından incelemelidirler.

I.3.4.1. Teşvik Tedbirleri

İşletmeleri geri kalmış bölgelere çekmek için devletin sağladığı teşvik tedbirleri tesis yeri seçimini etkileyen önemli bir faktördür (Cemalcılar et al., 1993). Belediyeler ve mahalli idareler de bölgelerini geliştirmek amacıyla girişimciyi, arsa temini ve vergi resim ve harçlardan muaf tutmak yoluyla teşvik edebilirler (Tüzmen, 2010).

I.3.4.2. Sendikalaşma

Maliye, çalışma, vb. bakanlıklara bağlı kamu ile ilgili kuruluşlara yakın yerler, belediye hizmetlerinden yararlanmak için belediye sınırları içinde ya da dışında olmak,

sanayi ve ticaret odaları, işçi ve işveren sendikaları gibi kuruluşlara yakın olmak tesis yeri seçimini etkileyebilir (Güvemli, 1985).

I.3.4.3. Dışsal Ekonominin Etkisi

Dışsal ekonomi; aynı sektörde ve/veya farklı sektörlerde meydana gelen yığılmalar anlamına gelmektedir. Dışsal ekonomilerin işletmelere sağladığı yararlar; üretimin toplandığı bölgelerde yüksek yatırım maliyetlerine sebep olan altyapı giderlerinin devlet tarafından sağlanması, aynı veya farklı sektörlerde işletmelerin bir bölgede toplanması ile dikey ve yatay uzmanlaşmanın kolaylıkla sağlanabilmesi ve işletmeler için gerekli olan girdilerin sağlanma kolaylığı olarak gösterilebilir (Müftüoğlu, 2003).

Yukarıda sıralanan tesis yeri seçimini etkileyen faktörlerin her biri tesis yeri seçimi için izlenen yol içerisinde yer alan aşamaların herhangi birinde diğer aşamalara göre daha fazla öneme sahiptir. Tablo 2, hangi faktörün hangi aşamada daha önemli olduğunu göstermektedir.

Tablo 2: Tesis Yeri Faktörlerinin Önemli Oldukları Aşamalar

Faktörler	Bölge Seçimi	Spesifik Alan Seçimi	Arazi Seçimi
Hammadde ve Yardımcı Malzeme Kaynaklarına Yakınlık	X		
Pazara Yakınlık	X		
İşgücü Olanakları	X		
Enerji Kaynaklarına Yakınlık	X		
Ulaşım İmkanları	X		
İklim Koşulları	X		
Arazinin Özellikleri, Arsa ve İnşaat Maliyetleri			X
Su Kaynaklarına Yakınlık			X
Sosyal ve Kültürel Çevre		X	
Atıkların Çevreye Etkileri		X	
Yaşam Koşulları		X	
Tevşik Tedbirleri		X	
Sendikalaşma		X	
Dışsal Ekonominin Etkisi	X		

II. BÖLÜM: TESİS YERİ SEÇİMİ MODELLERİ

Genel olarak işletme tesis yeri problemleri tesis yeri seçimi modelleri aracılığıyla incelenmekte ve belirli bir model esas alınarak işletmeye ait optimum tesis yeri belirlenmeye çalışılmaktadır. Bu modeller nitel ve nicel tesis yeri modelleri olmak üzere iki grupta ele alınabilir.

II.1. Nitel ve Nicel Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Nitel tesis yeri modellerinde optimum tesis yerinin belirlenmesinden çok, tesis yeri kararı için önemli olabilecek tesis yeri şartlarının, tesis yeri faktörlerinin ve bölgesel özelliklerin belirlenmesi ve derecelendirilmesi önem kazanır. Nitel tesis yeri modelleri bir karar modeli olmayıp, karar vericiye çeşitli tesis yeri alternatiflerinin değerlendirilmesine ilişkin bilgiler sunmak üzere, tesis yeri faktörlerinin ve belirli bir problem için her bir tesis yeri faktörünün taşıdığı önem derecesinin belirlenmeye çalışıldığı tanımlayıcı modellerdir. Sektörlere göre ayrı ayrı hazırlanan ve tesis yeri kararında önem taşıyan çok fazla sayıdaki tesis yeri faktörünü içeren listeler (checklists) nitel tesis yeri modellerine örnek gösterilebilir. Tesis yeri problemleri için geliştirilen ve 3. bölümde açıklanan “puanlama modelleri” ve “karşılaştırmalı maliyet analizi” yarı nitel bir tesis yeri modeli olarak kabul edilebilir. Nitel ve yarı nitel tesis yeri modellerinin belirli bir tesis yeri problemi için taşıdığı önem, nicel olarak ifadesi mümkün olmayan tesis yeri faktörlerinin miktarı ve önem dereceleri arttıkça daha fazla olacaktır. Ayrıca nicel bir tesis yeri modeline esas alınacak mümkün tesis yerlerinin belirlenmesinde de nitel değerlendirme büyük önem taşır. Zira birçok tesis yeri alternatiflerinin nitel bir değerlendirme sonucunda elenerek mümkün tesis yerleri sayısının azaltılması, nicel tesis yeri modellerinin çözülebilirliği açısından pratik bir değer taşır (Müftüoğlu, 1983). Nicel tesis yeri modelleri ise sadece nicel olarak ifade edilebilen tesis yeri faktörlerini kapsayan ve dolayısıyla optimum tesis

yerinin sadece nicel tesis yeri faktörlerine göre belirlenebildiği modellerdir. Burada tesis yeri problemi matematiksel eşitlikler ve eşitsizliklerden oluşan bir matematiksel model olarak ifade edilir. Bu modelin yine matematiksel bir amaç fonksiyonuna göre çözümü ile optimum tesis yeri belirlenir. Bunun için de tesis yeri probleminin ifade edildiği matematiksel modelin çözülebilir olması, yani bir çözüm metodunun (çözüm algoritmasının) mevcut olması gerekir. Nicel modellerin çözüm metodları olan yöneylem araştırması ve simülasyon metodlarından hangisinin kullanılabileceği, modelin yapısına bağlı olarak değişmektedir.

II.2. Tesis Yeri Seçimi Modellerinin Sınıflandırılması

Literatürde tesis yeri seçimi modelleri ile ilgili birçok sınıflandırma yer almaktadır. Bu sınıflandırmalardan bazıları aşağıda incelenmiştir.

Sule (2001) tarafından tesis yeri seçimi modelleri p -medyan problemi, p -merkez problemi, kapasite kısıtlı tesis yeri seçimi modeli, kapasite kısıtsız tesis yeri seçimi modeli ve karesel atama modeli olmak üzere beş temel kategoriye ayrılmıştır.

Drezner ve Hamacher (2003) tarafından yapılan sınıflandırmada temel tesis yeri seçimi modelleri sekiz ana grupta incelemiştir. Bunlar küme kaplama, maksimum kaplama, p -merkez, p -dağılım, p -medyan, sabit maliyetli tesis yeri seçimi modeli, ana dağıtım üssü tesis yeri seçimi modeli ve maksimum toplam tesis yeri seçimi modeli olarak gösterilmiştir.

Yukarıda yer alan sınıflandırmalardan daha geniş olan ve bu çalışmada da baz alınacak olan tesis yeri seçim modeli sınıflandırması Daskin (1995) tarafından yapılmış ve aşağıda yer alan sınıflandırmadır:

- Sürekli (Düzlem), Kesikli (Ayrık) veya Ağ Tesis Yeri Seçimi Modelleri
- Mesafe Ölçüsüne Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri

- Yerleştirilecek Tesis Sayısına Göre (Çoklu veya Tekli) Tesis Yeri Seçimi Modelleri
- Statik veya Dinamik Tesis Yeri Seçimi Modelleri
- Deterministik veya Probabilistik Tesis Yeri Seçimi Modelleri
- Tek veya Çoklu Ürün Modelli Tesis Yeri Seçimi Modelleri
- Özel Sektör veya Kamu Sektörü Tesis Yeri Seçimi Modelleri
- Tek Amaçlı veya Çok Amaçlı Tesis Yeri Seçimi Modelleri
- Esnek veya Esnek Olmayan Talep Durumuna Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri
- Kapasite Kısıtlı veya Kapasite Kısıtsız Tesis Yeri Seçimi Modelleri
- Talebin En Yakın Tesisten veya Dağıtılarak Karşılmasına Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri
- Hiyerarşik veya Tek Aşamalı Tesis Yeri Seçimi Modelleri
- İstenen veya İstenmeyen Tesisler Olmasına Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Yapılan bu geniş sınıflandırma ile ilgili açıklamalar ve kullanılan matematiksel modeller aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.

II.2.1. Sürekli (Düzlem), Kesikli (Ayrık) veya Ağ Tesis Yeri Seçimi Modeller

Tesis yeri modelleri arasındaki temel farklılıklardan bir tanesi hangi talep noktalarına karşı hangi aday tesis yerlerinin gösterileceğidir. Sürekli yapıdaki tesis yeri modellerinde talep, düzlem üzerindeki her yerde oluşabilir. Talep genellikle aralıklı olarak dağılmış olasılık dağılımları ((X, Y) koordinatları üzerinde meydana gelebilecek olan taleplerin olasılığını veren) ile gösterilir. Bu tip modellerde, tesisler düzlem üzerinde herhangi bir yere yerleştirilebilir. Ağ yerleşim modelleri, ağın bağlantıları üzerinde ortaya

çıkan talepleri de kabul edebildiği halde genellikle talebin sadece ağın düğümlerinde meydana geldiğini varsayar. Kesikli yerleşim modelleri ise düğümler arasından rastgele seçilmiş mesafelerin kullanımını temel alır. Ağ temelinden elde edilen düğümler arasındaki mesafe sınırlamasının ortadan kaldırılmasıyla (yani rastgele olması halinde) tesis yeri problemlerinin modellenmesine daha geniş alanlar sağlar (Daskin, 1995).

Sürekli tesis yeri seçimi modelleri, kesikli tesis yeri seçimi modelleri ve ağ tesis yeri seçimi modelleri aşağıda ele alınmaktadır.

II.2.1.1. Sürekli (Düzlem) Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Sürekli tesis yeri problemlerinde, tesisler planlama alanı içerisinde herhangi bir yere kurulabilirler. Bu tip modellerin performansı iki temel faktör tarafından etkilenir: (1) tesislerin yerleştirilmesine izin verilen düzlem çözüm alanı uzaydaki her nokta olabilir, (2) tesisler ile müşteriler arasındaki uzaklıklar uzaklık birimlerine karşılık gelen ölçülerle belirtilmelidir (Arabani & Farahani, 2012).

Sürekli yer seçimi modellerinde her p hizmeti için $(x, y) \in R^p \times R^p$ koordinatlarının hesaplanması gerekir. Bu modellerde amaç hizmetler ile m talep noktaları arasındaki ağırlıklandırılmış mesafeleri en küçükmektir. Weber'in bu konuda açıklamış olduğu tek hizmet merkezli (single facility Weber problem-SWP) problemin konusu, tek tip hizmet üretilen $(x, y) \in R \times R$ koordinatlarının $k \in K$ talep noktalarına olan $w_k d_k(x, y)$ ağırlıklandırılmış mesafelerinin toplamını en küçükmektir. Bu duruma karşılık gelen aşağıdaki optimizasyon modelinin iterasyonlarının çözülmesi ile etkili bir sonuca ulaşılabilir (Müftüoğlu, 2003):

$$\text{Min } Z = \sum_{k \in K} w_k d_k(x, y) \quad (1)$$

Buna göre;

$$d_k(x, y) = \sqrt{(x - a_k)^2 + (y - b_k)^2}$$

Problemin genişletilmiş şekli p , $1 < p < |K|$ tesis ve talebin belirlenen tesislere atanmasını gerektirir. Çok kaynaklı Weber problemi (multi-source Weber problem – MWP) olarak da bilinen bu problem belirsiz çok terimli bir problemdir (NP – Zor) ve tamsayı olmayan karma tam sayılı programlama ile modellenebilir. Sürekli yer seçimi problemlerinin amaç fonksiyonu ve kısıtlarının gösterimi aşağıdaki şekildedir (Klose & Drexl, 2005).

$$\text{Min } Z = \sum_{k \in K} \sum_{j=1}^p \left(w_k d_k(x_j, y_j) \right) z_{kj} \quad (2)$$

Buna göre;

$$\sum_{j=1}^p z_{kj} = 1 \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (3)$$

$$z_{kj} \in \{0, 1\} \quad k = 1, 2, \dots, K, j = 1, 2, \dots, J \quad (4)$$

$$x, y \in R^p \quad (5)$$

$$z_{kj} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } k \text{ talep noktası } j \text{ hizmet merkezine tahsis edilirse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

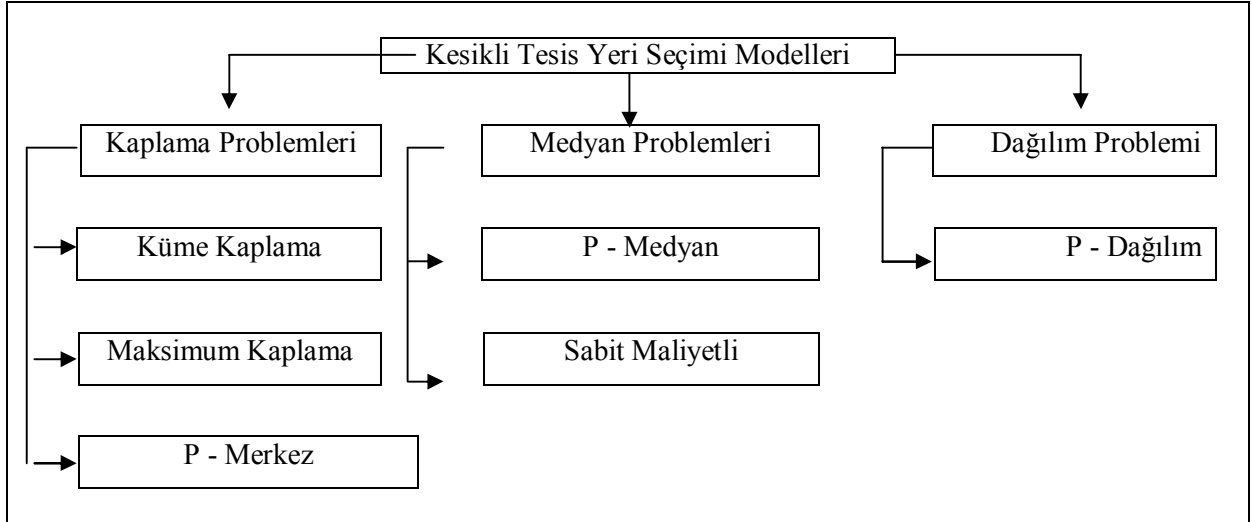
w_k : Mesafe ağırlıklı birim taşıma maliyeti

$d_k(x_j, y_j)$: aday tesis yeri x koordinatı ile talep merkezi y koordinatı arasındaki mesafe

II.2.1.2. Kesikli (Ayrık) Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Kesikli tesis yeri problemlerinde, aday tesisler ile birlikte tüm talep noktaları arasında iki ayrı mesafe vardır. Talep veya aday tesislerin ayrı parametreler olarak sayılmasının sebebi taleplerin genellikle belirli coğrafi bir noktada oluşma beklentisidir (Arabani & Farahani, 2012).

Kesikli tesis yeri seçimi modelleri 3 alt grupta incelenmiştir. Bunlar; kaplama problemleri (küme kaplama, maksimum kaplama ve p-merkez), medyan problemleri (p-medyan ve sabit maliyetli) ve dağılım problemleri (p-dağılım) olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 2: Kesikli Tesis Yeri Seçimi Modellerinin Sınıflandırılması

Kaynak: Mark Daskin, What You Should Know About Location Modelling, Naval Research Logistics, 2008

II.2.1.2.1. Kaplama Problemleri

Kaplama problemlerinde, her bir müşteri özel bir mesafe içerisinde yerleştirilen tesis ve müşteriler olmak şartıyla her bir tesisten hizmet alabilir. Bu konu ile ilgili olarak ilk formül Toregas, Swain, Revelle ve Bergman (1971) tarafından küme kaplama problemi olarak aşağıdaki gibi önerilmiştir:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I X_i \quad (6)$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I X_i \geq 1 \quad (7)$$

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer aday düğüm } i' \text{ de tesis kurulacaksa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Aday tesis yerlerinin sayısı

Bu modelde amaç (6) müşterilerin talebinin minimum sayıda tesis ile karşılanmasıdır. Eşitlik (7) talep düğümlerini kaplayan aday tesis yerlerinin sayısının 1'den az olamayacağını gösterir.

Kaplama problemlerini yeniden incelemek üzere çalışmalarda bulunan Church ve Revelle (1974) aşağıda verildiği gibi maksimum kaplama problemini önerdiler:

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^J w_j Z_j \quad (8)$$

Buna göre;

$$Z_j - \sum_{i=1}^J X_i \leq 0 \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^I X_i = P \quad (10)$$

$$Z_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer talep düğümü } j \text{ kaplandıysa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer aday düğüm } i \text{ de tesis kurulacaksa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Aday tesis yerlerinin sayısı

J: Mevcut pazarların sayısı

P: Yerleştirilecek tesis sayısı

w_j : Karşılana talep miktarı

Eşitlik (8)'de karşılanan taleplerin sayısı maksimum olmalıdır. Ayrıca kısıt (9) eğer aday yerleşimlerin birinde düğüme hizmet edecek bir tesis yoksa taleplerin karşılanmadığını ifade eder. Bu modelin diğer kısıtlarından kısıt (10) P adet tesisin açılacağını belirtir.

Kaplama problemlerinden bir diğeri olan merkez problemleri ise tüm talepleri karşılamak üzere tesisler ile talep noktaları arasındaki mesafeyi minimum yapacak olan tesis konumlandırmasını amaçlamaktadır (Daskin, 1995). Merkez problemlerinin en önemli türlerinden biri olan tepe p - merkez problemi, yerleşimlerin sadece ağ üzerindeki düğümlerde yer almasına izin verildiğini işaret eder (Revelle, Eiselt & Daskin, 2008):

$$\text{Min } Z = 1 \quad (11)$$

Buna göre;

$$Z - \sum_{i=1}^I d_{ij} Y_{ij} = 1 \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^I X_i = P \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^J Y_{ij} = 1 \quad (14)$$

$$X_i \text{ ve } Y_{ij} \in \{0,1\} \quad (15)$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer aday tesis } i \text{ talep noktası } j' \text{ye hizmet verecekse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer aday düğüm } i' \text{de tesis kurulacaksa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Aday tesis yerlerinin sayısı

J: Mevcut pazarların sayısı

Z: Talep noktası j ile en yakınındaki tesis arasındaki maksimum mesafe

d_{ij} : Aday tesis i ile talep noktası j arasındaki mesafe

Bu modelde, maksimum tesis - müşteri mesafesi kısıt (12) ile birlikte amaç fonksiyonu aracılığı ile minimize edilmektedir. Kısıt (13) kurulacak tesis sayısını gösterir.

Kısıt (14) tek bir tesisin tek bir talep noktasına hizmet verebileceğini ifade ederken kısıt (15) ise karar değişkenlerinin 0 ve 1 değeri alabileceklerini gösterir.

P-merkez problemlerinde ise yukarıda verilen modeldeki kısıt (12) değiştirilmiştir. Hakimi (1963) tarafından öne sürülen yenilenmiş kısıt şu şekildedir:

$$\sum_{i=1}^I d_{ij} Y_{ij} - Z \leq 0 \quad (16)$$

Bu kısıt, tepe p - merkez modelinde yer alan kısıt (12) ile aynı anlama gelmektedir. P - merkez problemi ile tepe p - merkez problemi arasındaki tek fark tepe p - merkez problemlerinde tesis yerleri düğümler ile sınırlıdır.

II.2.1.2.2. Medyan Problemleri

Medyan problemlerinin en çok kullanım alanına sahip problem türü p - medyan problemleridir.

P - medyan probleminde, her bir talep düğümü ile en yakın tesis arasındaki ağırlıklı mesafeyi minimize edecek şekilde P adet tesis bulur. P - medyan probleminin formülü aşağıdaki gibidir (Revelle et al., 2008):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J w_j d_{ij} Y_{ij} \quad (17)$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I Y_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^I X_i = P \quad (19)$$

$$Y_{ij} - X_i \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J \quad (20)$$

$$Y_{ij}, X_i \in \{0, 1\} \quad i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J \quad (21)$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ talebi } i \text{ hizmet noktasına atanırsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ düğümüne hizmet noktası açılırsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Aday tesis yerlerinin sayısı

J: Mevcut pazarların sayısı

P: yerleştirilecek tesis sayısı

w_j : j düğümündeki talep veya süre

d_{ij} : i düğümünden j düğümüne en kısa yol

Bu modelin amacı (17), her talebin en yakın hizmet noktasına atanması ile oluşan ağırlıklandırılmış mesafeyi minimize etmektir. (18) numaralı kısıt, oluşan j talebinin karşılanmasını garanti eder. (19) numaralı kısıt, p sayıda tesisin yerleştirileceğini göstermektedir. (20) numaralı kısıt, i düğümüne bir hizmet merkezi açılmadıkça j'nci müşteri talebinin i düğümüne atanmayacağını ve (21) numaralı kısıt ise Y_{ij} ve X_i karar değişkenlerinin 0 ve 1 değeri alacaklarını ifade etmektedir. Kurulmuş olan bu model tamsayı ve doğrusaldır.

p - medyan problemleri tesis yerleşimleri ile talep noktaları arasındaki mesafeyi minimum yapmayı amaçlamaktadır. Ancak p - medyan problemleri aşağıda belirtilen üç varsayım üzerinde durmaktadır (Teo, 2011):

- Her bir potansiyel yerleşim yerinde tesis kurmanın sabit maliyetini hesaba katmaz.
- Hizmet verebilecekleri talepler için tesislerin kapasitesi sınırsızdır.
- Açılacak tesis sayısı sabittir.

Sabit maliyetli problemler bu üç varsayımı da dikkate alarak toplam tesis açma maliyeti ve ulaştırma maliyetlerini minimum yapmayı amaçlamaktadır. Sabit maliyetli problemler ile ilgili ilk çalışma Balinski (1965) tarafından yapılmıştır.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I f_i X_i + \alpha \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_j d_{ij} Y_{ij} \quad (22)$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I Y_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (23)$$

$$Y_{ij} \leq X_i \quad i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J \quad (24)$$

$$\sum_{i=1}^I a_i Y_{ij} - c_{ij} X_i \leq 0 \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (25)$$

$$X_i \in \{0,1\} \quad i = 1, 2, \dots, I \quad (26)$$

$$Y_{ij} \in \{0,1\} \quad i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J \quad (27)$$

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer aday bölge } i \text{ de tesis açılmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ talep noktasına aday bölge } i \text{ tahsis edilmişse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Aday tesis bölgesinin sayısı

J: Mevcut talep noktalarının sayısı

f_i : Aday bölge i de kurulan tesisin sabit yerleşim maliyeti

a_j : j talep noktasının talep miktarı

d_{ij} : i aday tesis yeri ile j talep noktası arasındaki mesafe

c_i : aday bölge i de kurulan tesisin kapasitesi

α : birim mesafedeki birim talebin maliyeti

Amaç fonksiyonu (22) sabit tesis kuruluş maliyeti ile karşılanacak taleplerin taşıma maliyeti toplamını minimize eder. Kısıt (23) her talep düğümünün bir tesise atanacağını belirtirken kısıt (24) ise talep düğüm j 'nin sadece açılacak tesise atanacağını göstermektedir. (25) nolu kısıt aday tesis i ' den gönderilecek toplam ürün miktarının j talep

düğümünün talebine eşit olması gerektiğini, kısıt (26) ve (27) ise değişkenlerin alabilecekleri değerleri göstermektedir.

II.2.1.2.3. Dağılım Problemleri

P-dağılım problemi tesislerin birbiri arasındaki minimum mesafeyi maksimize eder. Daha çok franchise veren mağazalar için uygun olan bu problemin modeli şu şekildedir (Kuby, 1987):

$$\text{Maximize } D \quad (28)$$

Buna göre;

$$D \leq d_{ij} (1 + M(1 - X_i) + M(1 - X_j)) \quad (29)$$

$$\sum_{i=1}^I X_i = P \quad (30)$$

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer tesis } i \text{ düğümünde yerleştirilmişse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$X_j = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ düğümünde tesis varsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Potansiyel tesis yeri sayısı

D = açılan tesislerin herhangi ikisi arasındaki en kısa mesafe

P: Yerleştirilen tesislerin sayısı

M: Çok büyük bir sayı

d_{ij} : düğüm i ve düğüm j arasındaki en kısa yol mesafesi

Modelin amaç fonksiyonu (28) açılan tesisler arasındaki minimum mesafeyi maksimize eder. Bu problemlerde amaç fonksiyonu için bir üst sınır belirlenir. Kısıt (29) üst sınır için D'nin sadece $(1 - X_i)$ ve $(1 - X_j)$ sonuçlarının her ikisinin de 0 olması halinde d_{ij} 'ye eşit olacağını gösterir. $(1 - X_i)$ ve $(1 - X_j)$ ikilisinden sadece birinin veya her ikisinin

de 1 olması halinde üst sınır sonsuza yakın bir değer alır. Kısıt (30) ise P adet tesisin kurulması gerektiğini ifade eder.

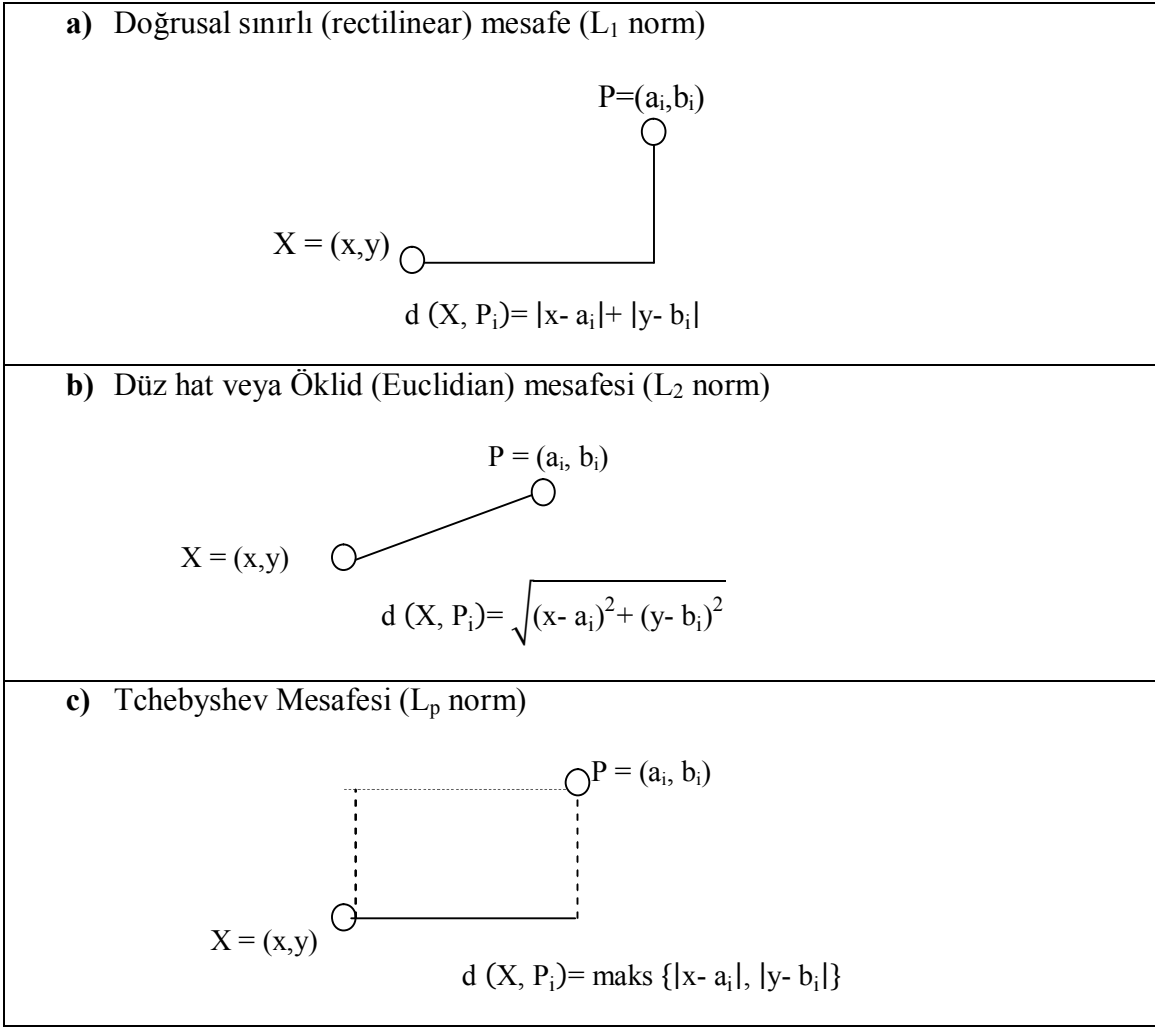
II.2.1.3. Ağ Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Eğer tesis yeri problemi ağ terimi olarak yapılandırılmışsa, taleplerin ortaya çıktığı alanlar olan düğümler ve düğümleri birbirine bağlayan yollar yani bağlantılar oluşur. Ancak talepler, düğümler ve bağlantılar üzerinde eş zamanlı olarak da meydana gelebilir (Arabani & Farahani, 2012). Ağ üzerindeki gezintinin ağın özelliği ile sınırlandırıldığı varsayılır ve ağ tesis yeri seçimi modellerinde de "mesafe" kavramı hesaplanan en kısa yol olarak ifade edilir.

Yeni tesislerin yerleşimi sadece ağın belli bir bölümünün dikkate alınması ile değil ağın tamamının ele alınması ile gerçekleştirilir. Ağ modellerinde talepler bağlantıların kesiştiği noktalarda yer almaktadır. Bu modellerde amaç yerleştirilecek tesisin ağ üzerinde oluşan tüm talep düğümleri arasındaki ağırlıklı mesafesini minimum yapmaktır. Ağ tesis yeri seçimi modelleri amaç fonksiyonunun da aynı olması sebebiyle genellikle kesikli tesis yeri seçimi modellerinde belirtilen problemler ile aynı olmaktadır. (Plastria, 2000).

II.2.2. Mesafe Ölçüsüne Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Tesis yeri seçimi problemleri, mesafe hesaplamalarına göre iki boyutlu mesafelerin mutlak değerlerinin toplamını veren doğrusal sınırlı (rectilinear), iki nokta arasındaki en kısa yolu dikkate alan düz hat veya öklit ve iki boyutlu mesafe farklarının mutlak değer olarak maksimumunu kullanan Tchbyshev olarak üç sınıfta ifade edilebilir. Bu mesafe hesaplamalarının matematiksel gösterimleri aşağıda verilmiştir (Love, Morris & Wesolowsky, 1988).



Şekil 3: Mesafe Ölçüsüne Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Kaynak: Robert F. Love, James G. Morris ve George O. Wesolowsky, Facilities Location Models and Methods, North – Holland, New York, 1988

II.2.3. Yerleştirilecek Tesis Sayısına Göre (Tekli - Çoklu) Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Tesis yeri problemlerini sınıflandırmanın bir diğer yolu kurulacak tesislerin sayısıdır. Yerleştirilecek tesis sayısına göre modeller tekli tesis yeri problemleri ve çoklu tesis yeri problemleri olarak ayrılır. Tekli tesis yeri problemleri çoklu olanlardan önemli ölçüde kolaydır (Daskin, 1995).

Tekli tesis yeri seçim modellerinde amaç tek bir tesisin kurulması ve aday tesis noktalarından arazi, kurulum, taşıma, su, elektrik ve işgücü gibi sayısallaştırılabilen

faktörlerin neden olduğu yıllık toplam maliyetlerin minimizasyonudur. Tekli tesis yeri seçim modelleri aşağıda gösterildiği gibi modellenmektedir (Sarıaslan, 2010):

$$\text{Min } Z = \sum_{j=1}^J c_j q_j d_j \quad (31)$$

J: Talep merkezlerinin sayısı

c_j : Tesisten j talep merkezine gönderilen birim malın birim mesafede taşıma maliyeti

q_j : j talep merkezine gönderilecek ürün miktarı

d_j : Tesis ile j talep merkezi arasındaki uzaklık

Tekli tesis yeri seçimi modellerinde herhangi bir kısıtlayıcı yer almamaktadır. Bu tip modellerde tek bir tesisin açılması söz konusu iken çoklu tesis yeri seçim modellerinde iki veya daha fazla tesisin açılması söz konusudur. Bu durum tesis yerlerinin ve sayılarının, tesis büyüklüğünün ve hangi tesisin hangi talepleri karşılayacağını belirlenmesini gerektirir.

Çoklu tesis yeri seçim modelleri şu şekilde ortaya konmuştur (Love & Dowling, 1989):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J c_{ij} q_{ij} \quad (32)$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I q_{ij} \leq a_i \quad (33)$$

$$\sum_{j=1}^J q_{ij} \geq b_j \quad (34)$$

$$q_{ij} \geq 0 \quad (35)$$

I: kurulacak tesis sayısı

J: toplam talep noktası sayısı

a_i : i noktasında kurulan tesisin kapasitesi

b_j : j talep noktasının talep miktarı

q_{ij} : j talep noktasına i tesisi tarafından gönderilecek ürün miktarı

c_{ij} : j talep noktasına i tesisi tarafından gönderilecek ürünün birim maliyeti

Amaç fonksiyonu (32) j talep noktasına i tesisinden gönderilen ürünün toplam taşıma maliyetini minimize etmeyi hedefler. Kısıt (33) i tesisinden gönderilen ürün miktarının i tesisinin kapasitesine eşit veya kapasitesinden küçük olması gerektiğini, kısıt (34) ise gönderilecek toplam ürün miktarının toplam talep miktarından büyük veya bu miktara eşit olmasını gösteren eşitliktir. Son olarak kısıt (35) i tesisinden j talep noktasına gönderilecek ürün miktarının 0 veya daha büyük olması gerektiğini ifade eder.

II.2.4. Statik veya Dinamik Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Tesis yeri problemlerinin analizinde alan sorunu zaman sorunundan çok daha önemlidir. Bu durumdan dolayı, zaman sorunu dinamik tesis yeri problemleri içerisinde tartışılırken, alan sorunu statik tesis yeri problemleri arasına dahil edilir (Daskin, 1995).

Statik modellerde girdiler zamana bağlı değildir. Genellikle girdilerin tamamı "temsilen" tek bir girdi grubu ile belirtilir ve problemler yine "temsilen" tek bir periyod için çözülür (Daskin, 1995). Tesis yeri problemi için alan sorunu dikkate alınmışsa yani statik bir model kurulacaksa (1) belirlenmiş bir alan içerisindeki müşteriler ve (2) amaç fonksiyonuna göre belirlenmiş aday yerleri olan tesisler belirtilmiş olmalıdır (Revelle et al., 2008).

Planlama dönemi boyunca tesisler arasındaki akış sabit olduğunda, problem statik (tek dönemli) tesis yerleşim problemi olarak aşağıdaki gibi modellenmektedir (Koopmans & Beckmann, 1957).

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L f_{ik} d_{jl} X_{ij} X_{kl} \quad (36)$$

Buna göre;

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, I \quad (37)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (38)$$

$$X_{ij}, X_{kl} \in \{0, 1\} \quad (39)$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ tesisi } j \text{ konumuna atanmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$X_{kl} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } k \text{ tesisi } l \text{ konumunda mevcutsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Alternatif tesislerin sayısı

K: Mevcut tesislerin sayısı

J: Alternatif tesislerin konumu

L: Mevcut tesislerin konumlarının sayısı

f_{ik} : i tesisinden k tesisine malzeme akışı,

d_{jl} : j ve l konumları arasındaki uzaklık

Burada kısıt (37) ve (38), her tesise bir konum ve her konuma bir tesis atanması mantık kısıtını sağlamakta, Kısıt (39) ise karar değişkenlerinin alabileceği değerleri tanımlamaktadır. Amaç fonksiyonunda (36) ise açılan tesisler arasındaki toplam taşıma maliyeti en küçüklenmektedir.

Gerçek iş hayatında genellikle girdiler zaman içerisinde değişkenlik göstermektedir. Örneğin ambulans sistemlerinin çalışmasında girdiler nadiren statiktir. Bu nedenle zamana bağlı olan girdiler açısından birçok tesis yeri problemi dinamiktir. Zamana

bağlı olan girdiler daha önceden varolan maliyetleri, talepleri ve uygun tesis yerlerini içermektedir. Dinamik problemlerde modeller çoklu zaman dilimini açık bir şekilde içermelidir. Farklı zaman dilimleri; (i) ortalama taleplerdeki saatlik farklılıkları göstermeli, (ii) hafta içi ve hafta sonu taleplerinin bölgesel kalıpları arasındaki farklılıkları yansıtmalı veya (iii) yıllar içerisinde taleplerdeki veya maliyetlerdeki artışları açıklamalıdır (Daskin, 1995).

Dinamik problemler sadece kurulacak tesislerin nerede olacağı sorusu ile ilgili değil, bunun yanında yeni tesislere ne zaman yatırım yapılacağı ve mevcut tesislerin ne zaman kapatılacağı sorusu ile de ilgilenir. Dinamik yerleşim problemlerinin bazı modellerinde bir kere açılan tesis gelecek tüm zamanlar için geçerlidir durumu kabul edilir. Diğer modellerde ise planlama dönemi süresince tesisler açılabilir, kapanabilir veya taşınabilir (Wesolowsky & Truscott, 1975).

Statik yerleşim problemlerinin ne olduğuna ilişkin birçok araştırmacının ve planlamacının görüşleri mevcutken dinamik yerleşim modeli ile ilgili oldukça az görüş vardır. Yaklaşımlardan ilki, farklı zamanlarda meydana gelen farklı talep miktarlarını en iyi şekilde karşılayacak olan tek bir yerleşim modeli tanımlanmalı yaklaşımıdır. Böyle bir problem ifadesi çalışma süresi boyunca hafta sonu da dahil taleplerin en iyi şekilde karşılanması gerektiği itfaiye istasyonu yerleşiminde ortaya konabilir. Bu yaklaşım konjonktürel dalgalanmalar içerisindeki değişimler karşısında değişen talepleri karşılamak, tesis yeri yerleşimine uygun olmalıdır düşüncesini savunur (Osleeb & Ratick, 1990). Dinamik yerleşim problemleri için ikinci yaklaşım; zaman içerisinde tesislerin ve tesis yerlerinin gelişimi en iyi şekilde tanımlanabiliyor olması düşüncesidir. Böyle modeller müşteri kazanmak amacıyla depo yerleşimi yapma ihtiyacı olan ve bölgesel perakende

satış yerlerinden ulusal zincirlere doğru gelişmeye yönelik planlama yapan firmalar için uygun olabilir (Daskin, Hopp & Medina, 1992).

Dinamik tesis yeri seçim problemlerinin çok dönemli planları ele aldığını ve taşıma maliyeti ile belirli bir dönemdeki yer değiştirme sonucu ortaya çıkan yeniden yerleşim maliyetlerinin toplamını minimize ettiğini söylemek mümkündür (Ulutaş, 2008). Dinamik tesis yeri seçim modelini aşağıdaki gibi modellemek mümkündür (Balakrishnan & Cheng, 1998):

$$\text{Min } Z = \sum_{t=2}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L a_{tijkl} y_{tijkl} + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L c_{tijkl} X_{tkl} X_{tij} \quad (40)$$

Buna göre;

$$\sum_{j=1}^J X_{tij} = 1 \quad i=1, 2, \dots, I, t=1, 2, \dots, T \quad (41)$$

$$\sum_{i=1}^I X_{tij} = 1 \quad t=1, 2, \dots, T, j=1, 2, \dots, J \quad (42)$$

$$X_{tij} \in \{0, 1\} \quad i=1, 2, \dots, I, j=1, 2, \dots, J \quad (43)$$

$$X_{tij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ bölümü } t \text{ döneminde } j \text{ konumuna atanmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$X_{tkl} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } t \text{ döneminde } k \text{ tesisi } l \text{ konumunda mevcutsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Alternatif tesislerin sayısı

K: Mevcut tesislerin sayısı

J: Alternatif tesislerin konumu

L: Mevcut tesislerin konumlarının sayısı

T: dönem sayısı

f_{ik} : t döneminde i tesisinden k tesisine akış miktarı

d_{jl} : j ve l konumları arasındaki uzaklık

a_{tijl} : t döneminde i tesisinin yerinin j konumundan l konumuna değiştirilmesinin sabit maliyeti

c_{tijkl} : t döneminde j konumundaki i tesisi ile l konumundaki k tesisi arasındaki taşımaların maliyeti

$$c_{tijkl} = f_{tik} \times d_{jl}$$

$$y_{tijl} = X_{(t-1)ij} \times x_{til}$$

(41) nolu kısıtta her dönemde her tesisin, sadece bir konuma, (42) nolu kısıtta ise her dönemde her konumun sadece bir tesise atanması garanti edilmektedir. Eşitlik (43) de karar değişkeninin atama olması durumunda 1, olmaması durumunda 0 değerini alacağı ifade edilmektedir. Amaç fonksiyonunda (40), planlama dönemi boyunca yeniden yerleşim ve taşıma maliyetlerinin en küçüklenmesi amaçlanmaktadır.

II.2.5. Deterministik veya Probabilistik Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Nasıl ki modeldeki girdiler ya statik ya da dinamik olabilirse, deterministik (kesin) veya probabilistik (kesinliği olmayan) girdiler de olabilir. Tesis yeri problemleri ile ilgili durumlarda birçok girdi muhtemelen belirsizdir (Daskin, 1995). Müşteriye ulaşma süreci için verilen belirli dağıtım fonksiyonları, bekleme ve hizmet süreleri tahmin edilmektedir. Bekleme süresi talep dağıtımının bir fonksiyonudur ve bundan dolayı tesis yerleşiminin de fonksiyonudur. P-medyan probleminin probabilistik (ya da stokastik) bir türü Michandani ve arkadaşları (1985) tarafından tartışılmıştır. Girdi verilerinden talep ağırlığı rassal değişken olarak varsayılır. Modelin amaç fonksiyonu (44) ağırlıklı mesafelerin beklenen toplamını minimize eder (Klose & Drexler, 2005)

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \pi_j d_{ikj} Z_{ikj} \quad (44)$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I Z_{ikj} = 1 \quad j=1, 2, \dots, J \quad (45)$$

$$Z_{ikj} - Y_i \leq 0 \quad i=1, 2, \dots, I, j=1, 2, \dots, J \quad (46)$$

$$\sum_{i=1}^I Y_i = P \quad (47)$$

$$Z_{ikj}, Y_j \in \{0, 1\} \quad i=1, 2, \dots, I, j=1, 2, \dots, J, k=1, 2, \dots, K \quad (48)$$

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ bölgesinde tesis açılacaksa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$Z_{ikj} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ bölgesinde açılan tesis } k \text{ ve } j \text{ düğümlerine hizmet verecekse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

d_{ikj} : i yerleşiminde j ve k düğümleri arasındaki talep ağırlıklı mesafe

π_j : j düğümünde rassal olarak belirlenen talep ağırlığı

Probabilistik (stokastik) modeller, deneysel olarak gözlenen dağıtımları teoriye uyarlamak için büyük miktarda veriler gerektirir. Genellikle stratejik tesis yeri problemleri için bu tür bilgiler elde etmek mümkün değildir. Bu durumda bazı senaryolar için duyarlılık analizleri tarafından desteklenen hesaplama çözümleri yarar sağlar. Parametre değişikliklerinin etkilerini kavramak önemlidir. Bundan dolayı senaryo çözümlenmeleri işe yarar olabilir. Bu yaklaşım, başarısız ölçümlere nazaran senaryoların tamamı içerisinde en iyi performans gösteren çözümleri bulmaya çalışır (Owen & Daskin, 1998).

Probabilistik modellerin bazıları genel stokastik programlama teknikleri ile çözülmürken bazıları da probleme özel olarak tasarlanan algoritmalar ile çözülmektedir. Stokastik programlama problemleri daha önceden bilinen veya belirlenen birincil değişkenlerden ve daha önceden bilinmeyen ikincil değişkenlerden oluşur. Genellikle yerleşim yerleri birincil değişken olurken müşterilerin tesislere atanması, kaynaklar vb.

genellikle ikincil değişkenleri oluşturur. Eğer tüm değişkenler birincil aşama değişkenlerden oluşursa problemin, belirsizliğin ortadan kaldırıldığı deterministik problemlere indirgendiği söylenebilir (Snyder, 2006).

II.2.6. Tekli veya Çoklu Ürün Modelli Tesis Yeri Seçim Modelleri

Bu bölüme kadar açıklanmış olan modellerin hepsinde tüm talepler aynıdır ve tekli türden ürün ve hizmetler ile ilgili varsayımlar belirtilmiştir. Birçok yerleşim modeli bu varsayımda bulunur. Ancak uygulamada tüm tesis yerleri tarafından üretilecek/sunulacak farklı ürünleri/hizmetleri birbirinden ayırmak çok önemlidir (Daskin, 1995).

Genellikle firmaların az miktarda ürün ve tesis sayısı vardır. Ürünler ya doğrudan pazarlara ya da önce depolara daha sonra depolardan pazarlara gönderilir. Bununla ilgili; (i) kaç adet deponun olduğu, (ii) depoların nerelere yerleştirileceği ve (iii) ürünlerin belirlenen sistem üzerinde nasıl hareket edecekleri konuları oldukça önemlidir. Ürün hareketi (akışı) kararı ile belirtmek istenen kararlar, hangi ürünler hangi pazarlar için hangi tesislerde üretilmelidir sorularına verilen cevaplardır (Daskin, 1995).

Tesislerin tek tip ürün üretmesi durumunda kullanılabilir olan model aşağıda verilmiştir. Verilen bu modelde atama yapılan depoların kapasite kısıtsız olduğu varsayılmıştır (Daskin, 1995):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I f_i X_i + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R \sum_{k=1}^K c_{ijr} d_{ijr} \quad (49)$$

Buna göre;

$$\sum_{j=1}^J \sum_{r=1}^R d_{ijr} \leq M \times X_i \quad i = 1, 2, \dots, I \quad (50)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R d_{ijr} \leq h_j \quad j=1, 2, \dots, J \quad (51)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^R d_{ijr} \leq s_m \quad r=1, 2, \dots, R \quad (52)$$

$$d_{ijr} \geq 0 \quad i=1, 2, \dots, I, j=1, 2, \dots, J, r=1, 2, \dots, R \quad (53)$$

$$X_i \in \{0, 1\} \quad i=1, 2, \dots, I \quad (54)$$

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer aday bölge } i \text{ de depo açılmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Aday depoların toplam konum sayısı

J: Mevcut pazarların sayısı

R: Mevcut tesislerin sayısı

K: Ürün çeşitliliği sayısı

h_j : j pazarında k ürünü için talep

f_i : aday bölge i'de depo yerleştirmenin sabit maliyeti

c_{ijm} : m tesisinde üretilen ürünün birim üretim ve aday yerleşim i'deki depo vasıtasıyla j pazarına göndermenin birim maliyeti

s_m : Ürün üretimi için m tesisinin kapasitesi

M = Çok büyük bir sayı

d_{ijm} : m tesisinden i deposu aracılığı ile j pazarına ürün akış miktarı

Amaç fonksiyonu (49) depo kurulumu sabit maliyeti ve değişken maliyetler toplamını minimize eder. Değişken maliyetler (c_{ijm}), m tesisinde birim üretim maliyetini, m tesisi ile i aday bölgesinde kurulan depo arasındaki birim taşıma maliyetini, i bölgesinde birim depolama maliyetini ve i bölgesi ile j pazarı arasındaki birim taşıma maliyetini içerir. Tüm bu birim maliyetler modelde yer alan ürüne bağlıdır. Kısıt (50)' nin sol tarafı aday bölge i'de depo boyunca akışı gösterir. Bu kısıt eğer i bölgesinde depo kurulursa bu akışın

sadece pozitif olabileceğini gösterir. Kısıt (51) tüm tesisler ve depolardan j pazarına gönderilen k ürününün toplam miktarının j pazarında k ürünü için oluşan talebe eşit veya ondan daha fazla olması gerektiğini gösterir. Kısıt (52) m tesisinden j pazarına i deposu aracılığı ile yapılan k ürün akışlarının m tesisindeki k ürününün kapasitesine eşit veya ondan küçük olması gerektiğini belirtir. Son olarak kısıt (53) ve (54) sırasıyla negatif olmama şartı ve bütünsellik kısıtlarıdır.

Çoklu ürün modellenmiş tesis yeri seçim modellerinde amaç fonksiyonu tesis, üretim ve taşıma maliyetlerini içeren toplam maliyeti minimum yapar. Öncelikle; (i) açılacak tesis sayısı, (ii) açılan tesislerin her birinde üretilecek ürün tipi (her tesiste sadece tek bir ürün) ve (iii) ürün tiplerine göre açılan tesislerden hizmet alacak olan toplam müşteri sayısı belirlenmelidir. Bu bilgiler ışığında modelin tam sayılı matematiksel gösterimi şu şekildedir (Nezhad, Manzour & Salhi, 2013):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K y_{ijk} X_{ijk} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K f_{ik} Y_{ik} \quad (55)$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I X_{ijk} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K \quad (56)$$

$$X_{ijk} \leq Y_{ik} \quad j = 1, 2, \dots, J, k = 1, 2, \dots, K \quad (57)$$

$$\sum_{k=1}^K Y_{ik} \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, I \quad (58)$$

$$X_{ijk}, Y_{ik} \in \{0, 1\} \quad (59)$$

$$Y_{ijk} = (c_{ijk} + p_{ik}) q_{jk} \quad (60)$$

$$X_{ijk} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ müşterisi } i \text{ tesisinden } k \text{ tipi ürün alacaksa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$Y_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } k \text{ tipi ürün } i \text{ tesisinde üretilecekse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: aday tesis yeri sayısı

J: toplam müşteri sayısı

K: toplam ürün çeşidi sayısı

q_{jk} : j müşterisinin k tipi ürün talebi

c_{ijk} : i tesisinden j müşterisine k tipi ürün taşıma maliyeti

f_{ik} : i tesisinde k tipi ürün üretmenin kuruluş maliyeti (sabit maliyet)

p_{ik} : i tesisinde k tipi ürün üretmenin birim maliyeti

Amaç fonksiyonu (55) toplam maliyeti minimize eder, kısıt (56) her müşterinin her bir ürün tipi için sadece tek bir tek bir tesisten hizmet alacağını, kısıt (57) atamaların sadece açılan tesislere yapılabileceğini, kısıt (58) tek bir ürün tipinin açılacak tesiste üretileceğini ve kısıt (59) karar değişkenlerinin alabileceği değerleri belirtir. Son olarak kısıt (60) ise toplam taşıma ve üretim maliyetinin toplamını gösterir.

II.2.7. Özel Sektör veya Kamu Sektörü Tesis Yeri Seçim Modelleri

Özel sektör problemlerinde yatırım maliyetleri ve yararları genel olarak mali kalemler içerisinde ölçülmektedir. Buna ek olarak, maliyetler ve yararlar genellikle ortak amaç ve hedefleri paylaşan tüm firma ile firmanın yönetimini ve yatırımcılarını etkiler. Kamu sektörü tesis yeri problemlerinde, parasal olmayan maliyetler ve yararlar dikkate alınmalıdır. Örnek olarak, zararlı atık depoları yerleşiminde mali kalemlere dönüştürülmesi zor olan çok sayıda ekolojik maliyet vardır. Acil servis yerleşiminde daha kısa hasta nakil süresinin yaşama ile sonuçlanmasına parasal olarak değer biçmek son derece zordur. Devlet okulu açma kararı da kamu sektörü kararlarına örnek olarak verilebilir. Devlet okulu açmaktaki yarar, o okuldan mezun olan öğrencilerin sayısı olarak ölçülebilir. Bunun yanında, kamu sektörü projelerinin maliyetleri halkın büyük bir kısmı tarafından

karşılarken, yararlar daha az sayıda insan üzerinde yoğunlaşır. Bu nedenle devlet okulu yatırımları direkt olarak okul çağındaki çocuklara ve onların ailelerine fayda sağlayacaktır. Bu tip yatırımlar yaşlılar gibi toplumun diğer kesimlerine doğrudan fayda sağlamaz. Son olarak, kamu sektörü yatırımları çoğu zaman doğrudan yarar sağlamayanların da, yatırımın yararlanıcılarının da destekleyebileceği karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu nedenle örneğin, yaşlıları temsil eden guruplar diğer gurupların sağlık mevzuatı geliştirilmesini desteklemesi şartıyla devlet okullarına fon sağlanmasını destekleyebilir (Daskin, 1995).

Yer seçimi literatüründe kamu sektörü yerleşimi ile ilgili birinci yaklaşım p-medyan, ikinci yaklaşım ise kaplama problemleridir (özellikle maksimum kaplama). Birçok kamu tesisi yerleştirme modeli olarak bu yaklaşımlardan birini kullanır (Drezner & Hamacher, 2003).

1960'ların sonu 1970'lerin başından itibaren p-medyan problemi, kamu sektörü uygulamalarına imkan vermek ve özel sektör yerleşim problemlerine uyarlamak amacıyla yeniden düzenlenmiştir. Halk kütüphaneleri, okullar, eczaneler, temel sağlık merkezleri gibi kamu hizmetleri için bu modelden yararlanılmıştır (Drezner & Hamacher, 2003).

1972 yılında Holmes tarafından p-medyan problemi kamu sektörü uygulamalarına aşağıdaki gibi uyarlanmıştır (Holmes, Williams & Brown, 1972):

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J a_j (S - d_{ij}) X_{ij} \quad (61)$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I a_j X_{ij} \leq C \quad j=1, \dots, J \quad (62)$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ talep alanı } i \text{ deki tesise atanmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

J: Üzerinde çalışılan bölgedeki talep noktalarının sayısı

I: Potansiyel tesis yerleşimlerinin toplam sayısı

a_j : Her bir talep noktasına ilişkin ağırlık

d_{ij} : Talep alanı j ve i 'deki potansiyel tesis arasındaki uzaklık

S: Kimsenin seyahat edemeyeceği uzaklık limiti

C: Maksimum kapasite

Amaç fonksiyonu (61) $a_j S X_{ij}$ ve $a_j d_{ij} X_{ij}$ olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda ihtiyaç duyulan hizmeti dengeleme, ikinci kısımda ise ihtiyaç duyulan hizmetin maliyetini yansıtmaktadır. Kısıt (62) ise verilen hizmetin kapasiteden fazla olamayacağını göstermektedir.

Kamu sektörü yerleşim seçimi problemleri için diğer bir yaklaşım olan maksimum kaplama problemi daha önce kesikli tesis yeri seçimi modelleri içerisinde yer alan maksimum kaplama problemleri ile aynı şekilde uygulanmaktadır.

II.2.8. Tek Amaçlı veya Çok Amaçlı Tesis Yeri Seçim Modelleri

Tesis yerleşim kararları çoğunlukla uzun dönem planlama ve büyük harcamalar gerektiren stratejik kararlardır. Genellikle bunlar hükümetin hizmet koşulları ve firmaların tedarik zincirinin en az elastikiyeti olan parçalarıdır. Bunlar sadece tesisin tedarikçilerini, kullanıcılarını ve komşularını da etkilemez. İşletmelerin insan kaynaklarını, finansını, muhasebesini, pazarlamasını, üretimini ve dağıtım fonksiyonlarını da etkiler. Bu nedenle tesis yeri kararları birçok paydaş ve çoklu tutarsız amaçlar gerektirir (Drezner & Hamacher, 2003).

II.2.9. Esnek veya Esnek Olmayan Talep Durumuna Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Birçok model, talebi hizmet seviyesinden bağımsız olarak ele alır. Aslında, talep neredeyse her durumda sağlanan hizmet seviyesine bağlı olarak değişir. Bu, sırasıyla

tesis yerine ve tesisin türü ile büyüklüğüne bağlıdır. Bazı durumlarda talep muhtemelen bir noktaya kadar inelastiktir. Örneğin ambulans hizmetine ihtiyacı olan birinin maliyet araştırması pek olası değildir. Eğer hastanın sorumluluk süresi uzunsa hastaneye ulaşım amacıyla alternatif araçlar araştırma ve aracın hastaneye ulaşma süresini çözmeye zahmetine girmesi de pek mümkün değildir. Buna karşın, tüketicilerin alışveriş için nereye gidecekleri ile ilgili tercihleri önemli ölçüde alışveriş merkezi içerisindeki rahatlıklarına, merkezin konumuna ve alışveriş merkezi içerisindeki mağazaların çeşitliliğine ve sayısına bağlıdır. Gerçek hayat içerisinde yerleşim problemlerinin hizmete göre talep elastikiyetinin derecesini bir miktar etkilemesine rağmen genel olarak talep inelastik olarak ele alınır (Daskin, 1995).

Bu sınıflandırma ile ilgili olarak literatürde fazla çalışma bulunmamakla birlikte ilk çalışma Kuby (1989) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, pazarda aynı anda var olabilecek firmaların sayısını maksimize eden bir model geliştirilmiştir.

II.2.10. Kapasite Kısıtlı veya Kapasite Kısıtsız Tesis Yeri Seçim Modelleri

Bu bölümde ilk olarak müşterilerin sadece tek bir tesisten hizmet aldığı tek kaynaklı kapasite kısıtlı tesis yeri seçim modellerinden bahsedilmiştir. Bu modelin amacı her bir müşteri sınıfının uygun tesis sınıfı tarafından hizmet alabileceği şekilde tesisleri yerleştirmektir. Modelde kullanılan değişkenler ve modelin matematiksel ifadesi aşağıda verilmiştir (Çavuş, 2007):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L c_{ikjl} X_{ikjl} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K f_{ik} V_{ik} \quad (63)$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K X_{ikjl} = 1 \quad i=1, \dots, I \quad (64)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L d_{jl} X_{ikjl} \leq s_{ik} V_{ik} \quad i=1, \dots, I, k=1, \dots, K \quad (65)$$

$$\sum_{k=1}^K V_{ik} \leq 1 \quad i=1, \dots, I \quad (66)$$

$$V_{ik} \in \{0, 1\} \quad i=1, \dots, I, k=1, \dots, K \quad (67)$$

$$X_{ikjl} \in \{0, 1\} \quad i=1, \dots, I, k=1, \dots, K, j=1, \dots, J, l=1, \dots, L \quad (68)$$

$$X_{ijkl} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ yerleşimindeki } l \text{ müşteri sınıfına } k \text{ sınıfı tesisinin } i \text{ yerleşimi tarafından} \\ & \text{hizmet ediliyorsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$V_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } k \text{ sınıfı tesis } i \text{ yerleşiminde açılmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Tesis yeri sayısı

J: Müşteri yerleşim yeri sayısı

K: Tesis sınıfları sayısı

L: Müşteri sınıflarının sayısı

f_{ik} : k tesis sınıfının i yerleşimine açılmasının sabit maliyeti

c_{ikjl} : i yerleşimindeki k tesis sınıfından j yerleşimindeki l müşteri sınıfının talebini karşılamanın toplam maliyeti

s_{ik} : i yerleşimindeki k tesis sınıfının kapasitesi

d_{jl} : j yerleşimindeki l müşteri sınıfının toplam talebi

Eşitlik (63) toplam sabit maliyeti ve hizmet maliyetini minimize etmeyi amaçlar. Eşitlik (64) j yerleşimindeki l sınıfında yer alan tüm müşteri taleplerini karşılayan talep kısıtıdır. Problem kapasite kısıtlı problem olduğundan modelde kapasite kısıtı da yer almalıdır. Kısıt (65) tesisten tedarik edilen birimlerin toplam sayısının tesisin kapasitesinden büyük olamayacağını gösterir. Çünkü bu kısıdın sağ tarafı V_{ik} karar değişkeni ile çarpıldığı için, bu durum açılmayan tesislere müşteri atanmasını engeller.

Potansiyel yere en fazla tek bir tesisin yerleştirileceği varsayılır. Bu varsayım (66) nolu kısıtla karşılanmıştır. Kısıt (67) ve kısıt (68) her bir potansiyel yerleşime K tesis sınıflarından en fazla tek bir sınıfın seçimini sağlar.

Kapasite kısıtlı tesis yeri seçim modellerinin bir diğer türü ise hizmet alınan tesis sayısının birden fazla olduğu çok kaynaklı kapasite kısıtlı tesis yeri seçim modelleridir.

Çok kaynaklı modelin tek kaynaklı modelden farkı müşterilerin birden fazla tesisden hizmet alabilmesidir. Tek kaynaklı modelde katlanılan maliyetlere ek olarak bu modelin amaç fonksiyonu belirli bir sınıfın tesisine belirli müşteri profilini atamanın sabit maliyetini içermektedir. Bu maliyet müşteriler ile tesisler arasındaki sınıf uyumsuzluklarını göz önünde bulundurur. Müşteri sınıfı uygun tesis sınıfına atandığı zaman, bu müşterilerin uyuşmayan tesis sınıfına atanmasından daha az maliyete katlanır.

Bu bilgiler ışığında model şu şekilde formüle edilebilir (Çavuş, 2007):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L c_{ikjl} X_{ikjl} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L g_{ikjl} Y_{ikjl} + \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K f_{ik} V_{ik} \quad (69)$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K X_{ikjl} = 1 \quad i=1, \dots, I \quad (70)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{l=1}^L d_{jl} X_{ikjl} \leq s_{ik} \quad i=1, \dots, I, k=1, \dots, K \quad (71)$$

$$\sum_{k=1}^K V_{ik} \leq 1 \quad i=1, \dots, I \quad (72)$$

$$Y_{ikjl} \leq V_{ik} \quad i=1, \dots, I, k=1, \dots, K, j=1, \dots, J, l=1, \dots, L \quad (73)$$

$$X_{ikjl} \leq Y_{ikjl} \quad i=1, \dots, I, k=1, \dots, K, j=1, \dots, J, l=1, \dots, L \quad (74)$$

$$X_{ikjl} \geq 0 \quad i=1, \dots, I, k=1, \dots, K, j=1, \dots, J, l=1, \dots, L \quad (75)$$

$$Y_{ikjl} \in \{0, 1\} \quad i=1, \dots, I, k=1, \dots, K, j=1, \dots, J, l=1, \dots, L \quad (76)$$

$$V_{ik} \in \{0, 1\} \quad i=1, \dots, I, k=1, \dots, K \quad (77)$$

$$X_{ijkl} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ yerleşimindeki } l \text{ müşteri sınıfına } k \text{ sınıfı tesisinin } i \text{ yerleşimi tarafından} \\ & \text{hizmet ediliyorsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$V_{ik} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } k \text{ sınıfı tesis } i \text{ yerleşiminde açılmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$Y_{ijkl} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ yerleşimindeki } l \text{ sınıfının müşterisine } i \text{ yerleşimindeki } k \text{ sınıfının tesisi} \\ & \text{aracılığı ile hizmet ediliyorsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Tesis yeri sayısı

J: Müşteri yerleşim yeri sayısı

K: Tesis sınıfları sayısı

L: Müşteri sınıflarının sayısı

f_{ik} : k tesis sınıfının i yerleşimine açılmasının sabit maliyeti

g_{ikjl} : i yerleşiminde k tesis sınıfından j yerleşimindeki l müşteri sınıfına hizmet vermenin sabit maliyeti

c_{ikjl} : i yerleşimindeki k tesis sınıfından j yerleşimindeki l müşteri sınıfının talebini karşılamanın toplam maliyeti

s_{ik} : i yerleşimindeki k tesis sınıfının kapasitesi

d_j : j yerleşimindeki l müşteri sınıfının toplam talebi

Amaç fonksiyonu (69) tesis açma sabit maliyetinin, tesise müşteri atama maliyetinin ve hizmet maliyetinin toplamını minimize eder. (70) ve (71) kısıtlar sırasıyla talep ve kapasite kısıtlarıdır. (72) her bir potansiyel yerleşim yerine K tesis sınıflarından en çok bir tesis sınıfının açılmasını sağlar. Kısıt (73) bir tesisten hizmet verme kararı için o

tesisin açılmış olması gerektiğini gösterir. Kısıt (74) müşterinin atandığı tesisten hizmet alabilmesini sağlar. Kısıt (75) negatif olmama, (76) ve (77) bütünsellik kısıtlarıdır.

Kapasite kısıtsız tesis yeri seçimi modellerinde (KK) ise her bir tesis ile ilgili sabit maliyet ve ulaşım maliyetleri yer alır. KK amaç toplam maliyeti en aza indirecek şekilde tesisin nereye kurulacağına ve hangi yolların kullanılacağına karar vermektir (Güner, 2006). Kapasite kısıtsız tesis yeri seçim modelleri aşağıda belirtildiği şekilde formüle edilebilir (Lazic, Frey & Aarabi, 2010):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J c_{ij} X_{ij} + \sum_{i=1}^I f_i Y_i \quad (78)$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I X_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (79)$$

$$Y_i \geq X_{ij} \quad i=1, \dots, I, j=1, \dots, J \quad (80)$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ müşterisi } i \text{ tesisine atanırsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$Y_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ tesisi açılmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Toplam aday tesis sayısı

J: Toplam müşterilerin tamamı

f_i : i tesisinin açılma maliyeti

c_{ij} : i tesisinden j müşterisine ulaşmanın maliyeti

Kısıt (79) her müşterinin bir tesise atanmasını, kısıt (80) bütünsellik varsayımını sağlar.

II.2.11. Talebin En Yakın Tesisten veya Dağıtılarak Karşılanmasına Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Daha önce incelenen modellerde, talebin tesislere dağıtımını yerleşim modellemesinde kritik durum olarak ele alınmıştır. Genellikle tesis talebe hizmet etme kapasitesine sahipse talepler en yakın tesis tarafından hizmet alır. Kapasite problemlerinde talep, yerleşim alanı içerisinde birkaç tesis arasında paylaştırılabilir. Eğer bu durum problem kurulumunda mümkün değilse, tüm talebin belirli ve tek bir tesisten karşılanmasını sağlayacak olan model belirgin bir kısıt içermelidir. Bu durum bazı taleplerin açılmamış olan tesislerden başka tesislere atanmasını gerektirir. Diğer durumda model yerleşim yerindeki talebin bir bölümünün en yakın tesis tarafından hizmet almasını ve talebin geri kalan kısmının en yakın tesis meşgul ise daha uzak tesislerden hizmet almasını sağlamalıdır (Daskin, 1995).

II.2.12. Hiyerarşik veya Tek Aşamalı Tesis Yeri Seçim Modelleri

Birkaç farklı hiyerarşik tesislerin var olduğu durumlar ortaya çıkabilir. Her bir sistemde, yüksek kademeli tesisler yerleşim seçimini düşük katmanlı tesislerden bağımsız olarak yapabilmektedir. Yüksek kademeli tesisler yeterli büyük kapasiteye sahip olur ve bu tesislerle ilgili aktarma maliyetleri ile birlikte kullanım maliyetleri sırasıyla aktarma ve yeniden yükleme miktarlarına orantılıdır. O halde, kaynaktan varış noktasına aktarma maliyeti, karşılanan talebin maliyeti dikkate alınarak ölçülür (Klose & Drexl, 2005).

Hiyerarşik yerleşim problemlerinin en basit türü tekli akış iki kademeli sistemdir ve matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir (Şahin & Süral, 2007):

$$\text{Min } Z = \sum_j \sum_k f_{1(jk)} c_{jk} + \sum_i \sum_j f_{2(ij)} c_{ij} \quad (81)$$

Buna göre;

$$\sum_{i \in F_1} f_{1(jk)} = d_k \quad k=1, \dots, D \quad (82)$$

$$\sum_{i \in F_2} f_{2(ij)} = \sum_{k \in 0} f_{1(jk)} \quad j=1, 2, \dots, F_1 \quad (83)$$

$$\sum_{i \in F_1} f_{1(jk)} \leq M_j Y_j \quad j=1, 2, \dots, F_1 \quad (84)$$

$$\sum_{i \in F_1} f_{2(ij)} \leq M_i X_i \quad i=1, 2, \dots, F_2 \quad (85)$$

$$\sum_{j \in F_1} Y_j = P_1 \quad (86)$$

$$\sum_{i \in F_2} X_i = P_2 \quad (87)$$

X_i : $\begin{cases} 1 & \text{eğer kademe 2 tesisi } i \text{ düğümüne yerleştirildiyse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$

Y_j : $\begin{cases} 1 & \text{eğer kademe 1 tesisi } j \text{ düğümüne yerleştirildiyse} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$

$f_{1(jk)}$ ve $f_{2(ij)}$: sırasıyla tesis düğümü j 'den talep düğümü k 'ya (kademe 1'de) ve tesis düğümü i 'den tesis düğümü j 'ye (kademe 2'de) ürün akış miktarları

c_{jk} : kademe 1' deki tesis j ile talep düğümü k arasındaki birim akış maliyeti

c_{ij} : kademe 2' deki tesis i ile tesis j arasındaki birim akış maliyeti

F_1 ve F_2 : 1 ve kademe 2 için konumlandırma olanağı olan aday yerleşimlerin tamamı

P_1 ve P_2 : sırasıyla kademe 1 de ve kademe 2 de yerleştirilmesi/açılması beklenen tesislerin sayısı

M_j ve M_i : kademe 1 ve 2'deki tesislerin kapasiteleri

d_k : ise talep düğümü k 'daki talep miktarı

Modele ilişkin amaç fonksiyonu (81) toplam talep ağırlıklı mesafeyi minimize eder. Kısıt (82), talep düğümünün talebinin tamamen karşılandığını onaylar. Kısıt (83)' de kademe 1 tesisinin toplam talebi, tesisin farklı kademedeki tesise aktarılan talebine eşittir. Ayrıca kısıt (84) ve (85) iki kademedeki tesislerin kapasitelerini gösterir.

II.2.13. İstenen veya İstenmeyen Tesisler Olmasına Göre Tesis Yeri Seçimi Modelleri

Birçok yerleşim probleminde istenen tesislerin yerleşimi ile ilgilenilir. Diğer bir deyişle, insanlara veya ürünlere daha yakın tesisler tarafından hizmet verilerek, bir anlamda, değer arttırılır. Ambulanslar, itfaiye istasyonları, hastaneler, postaneler, ambarlar ve üretim tesisleri bu bağlamda tamamen istenen tesisler olarak sayılır. Bazı tesisler ise insanların mümkün olduğunca uzağa yerleştirilmesini istediği “istenmeyen” tesisler olarak bilinir. Bunlar tipik olarak insanların sağlık veya huzuruna tehlike oluşturacak olan zararlı ve insanların yaşam tarzlarına tehdit oluşturacak uygunsuz tesislerdir (Erkut & Neuman, 1989). Tehlikeli atık merkezleri, katı atık sahaları, çöp yakma fırınları, füze hangarları ve cezaevleri genellikle bu kategori içerisine girer. İstenmeyen tesislerin yerleşiminde, katı atık sahaları veya nükleer füze hangarları gibi tesislerin yerleştirileceği konum ile insan yoğunluğunun çok olduğu merkezler ve bu iki merkezin kendi aralarındaki uzaklıklar konularının ön planda tutulması yarar sağlamaktadır. Herhangi bir çeşit istenmeyen tesisin yerleşimini kapsayan içeriklerin hemen hemen tamamı birbiri ile çelişkili çoklu amaçlara sahiptir. Bu nedenle katı atık sahalarını şehir merkezlerinden oldukça uzağa yerleştirmek isterken atık oluşum merkezlerinden katı atık sahalarına atık taşıma maliyetleri de minimize edilmek istenir.

Ne yazık ki katı atık sahalarında depolanan atıkların birçoğu nüfus yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda ortaya çıkar. Bundan dolayı katı atık sahalarının

yerleşiminde taşıma maliyetlerini minimize etme ile katı atık sahalarının etkileyeceği insan sayısını minimize etme arasındaki tercih önceliği belirlenmelidir (Daskin, 1995).

İstenmeyen tesisler olması durumunda, tesisleri yerleştirmede ortaya çıkan ortak amaçlardan birisi, en yakın tesisler ve talep düğümleri arasındaki mesafenin bazı fonksiyonlarının maksimize edilmesidir. Bu nedenle, seçilmiş tesis bölgelerinin en yakını ile talep düğümleri arasındaki talep ağırlıklı toplam mesafeyi maksimize eden bir formül geliştirilmiştir (Maxisum Modeli). Bu tip modellerin formülü ilk başta açık bir şekilde p-medyan problemlerine benzerken, bu modellerdeki tek fark p-medyan problemlerinin amaç fonksiyonu minimizasyon, istenmeyen tesisler olması halindeki modellerde ise amaç fonksiyonu maksimizasyondur. Bu açıklamalar ışığında modelin formülasyonu aşağıdaki gibi yapılabilir (Daskin, 1995):

$$\text{Max } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J h_j d_{ij} Y_{ij} \quad (88)$$

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I Y_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (89)$$

$$\sum_{i=1}^I X_i = P \quad (90)$$

$$Y_{ij} - X_i \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J \quad (91)$$

$$Y_{ij}, X_i \in \{0, 1\} \quad i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J \quad (92)$$

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{eğer } j \text{ talebi } i \text{ hizmet noktasına atanırsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{eğer } i \text{ düğümüne hizmet noktası açılırsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I: Aday tesis yerlerinin sayısı

J: Mevcut pazarların sayısı

P: yerleştirilecek tesis sayısı

h_j : j düğümündeki talep veya süre

d_{ij} : i düğümünden j düğümüne en kısa yol

Amaç fonksiyonu ve kısıtlar ile ilgili tüm açıklamalar amaç fonksiyonunun maksimizasyon olması dışında p-medyan problemi ile tamamen aynıdır.

III. BÖLÜM: TESİS YERİ SEÇİMİ PROBLEMLERİNE ÇÖZÜM

YAKLAŞIMLARI

Tesis yeri seçimi problemleri ile ilgili birçok sınıflandırma olduğu gibi birçok çözüm yaklaşımı da bulunmaktadır. Bu çözüm yaklaşımları klasik ve sezgisel çözüm yaklaşımları olmak üzere iki grupta incelenmektedir.

III.1. Klasik Tesis Yeri Seçimi Yöntemleri

Tesis yeri seçimini etkileyen faktörler belirlendikten sonra seçeneklerden hangilerinin en uygun tesis yeri olabileceği çeşitli yöntemler kullanılarak tespit edilir. Tesis yeri seçiminde çeşitli ölçüler kullanılmaktadır (Tekin, 2012).

- Toplam başarı ödülü,
- İşletme kolaylığı ölçüsü,
- Maliyet ve kazanç ölçüsü,
- Risk ölçüsü,
- Büyüme ve genişleme ölçüsü,
- Kaynaklar ölçüsü,
- Milli ekonomiye katkı ölçüsü,
- İhracat ölçüsü,
- Bölgesel kalkınma ölçüsü,
- Kişisel özel ölçüler,
- Bölge ve kentlerin sanayileşme ölçüsüdür.

Bu ölçüler tesis yeri seçiminde kullanılan seçim yöntemlerinin tespitinde önemli rol oynamakla birlikte, en az iki ya da daha fazla ölçünün göz önüne alınması gerekir.

Tesis yeri seçiminde kullanılan seçim yöntemlerinin beklenen sonucu verebilmesi için, analizlerde kullanılacak bilgilerin tam ve doğru olarak elde edilmesi ve bu bilgilerin alanında uzman ve sektör hakkında gerekli bilgiye sahip bir kadro tarafından analize tabi tutulması ve son olarak da yorumlanması gerekmektedir.

III.1.1. Puanlama veya Faktör Karşılaştırmalı Yöntemler

Puanlama yöntemi pek çok kalitatif kararda olduğu gibi tesis yeri seçimi kararında da uygulanan bir yöntemdir. Tesis yeri seçimi için uygulanmasında, birkaç seviyeye ayrılmış olan temel yerleşim kriterleri liste halinde ortaya konulmaktadır. Puanlar bu kriterlerin her seviyesinin göreceli önemine göre belirlenir ve alternatif yerleşim yerleri için ayrı ayrı incelenir. Aşağıda, belirlenmiş olan kalitatif faktörler için oluşturulan örnek puanlama tablosu şu şekildedir (Evans, Anderson, Sweney & Williams, 1990):

1. İklim Koşulları
2. Su Durumu
3. Eğitim
4. Barınma
5. Toplumsal Tutum
6. İş Kanunları

Tablo 3: Tesis Yeri Seçimi Puanlama Yöntemi Örnek Tablosu

1. İklim Koşulları	
<i>Seviye</i>	<i>Puan</i>
(0) Üretim planlaması yapılamayacak durumda ise	0
(1) Sel, fırtına vb. ağır hava şartları hakim ise	6
(2) Sel, fırtına vb. ağır hava şartları nadiren oluşuyor ise	12
(3) Sel, fırtına vb. ağır hava şartları olasılığı çok düşük ise	18
(4) Yıl içerisinde genellikle ılıman bir hava hakim ise	24
(5) Hem yaşam için hem de üretim için ideal ise	30
2. Su Durumu	
<i>Seviye</i>	<i>Puan</i>
(0) Hiç yok ise	0
(1) Çok az miktarda ise	2
(2) Haneler için yeterli olsa bile üretim için yetersiz ise	4
(3) Üretim içinde yeterli ancak çok fazla kimyasal işlem uygulanmış ise	6
(4) Üretim için yeterli miktarda ve doğallıkta ise	8
(5) Son derece doğal ve birçok kaynaktan sağlanabilecek durumda ise	10
3. Eğitim	
<i>Seviye</i>	<i>Puan</i>
(0) Hiç okul mevcut değil ise	0
(1) Sadece lise düzeyine kadar çok kötü kalite de eğitim veren devlet okulları var ise	4
(2) Kötü eğitim kalitesine sahip devlet okullarının yanında iyi kalitede özel okullar var ise	8
(3) Lise düzeyine kadar iyi kalite eğitime sahip devlet okulları var ise	12
(4) Lise düzeyine kadar iyi kalite eğitime sahip devlet okullarının yanı sıra mükemmel kalitede özel okullar, kolejler var ise ve yakın yerlerde üniversiteler mevcut ise	16
(5) Lise düzeyine kadar iyi kalite eğitime sahip devlet okullarının yanı sıra mükemmel kalitede özel okullar, kolejler, yakın yerlerde üniversiteler mevcut ve daha kapsamlı eğitim sistemlerinin oluşma olasılığı yüksek ise	20
4. Barınma	
<i>Seviye</i>	<i>Puan</i>
(0) Barınma olanakları hiç yok ise	0
(1) Çoğunlukla imkanlar yok veya çok zayıf imkanlar var ise	2
(2) Çoğunlukla imkan var ancak çok düşük kalitede ise	4
(3) Makul fiyat ve kalitede imkanlar var ise	6
(4) Mükemmel kalitede ancak sınırlı sayıda ve uygun fiyatlara sahip imkanlar var ise	8
(5) Mükemmel kalitede ve çok çeşitli sayıda aynı zamanda uygun fiyatlara sahip imkanlar var ise	10
5. Toplumsal Tutum	
<i>Seviye</i>	<i>Puan</i>
(0) Düşmanca, şiddet yanlısı ise	0
(1) Asalak tarzında tutum var ise	15
(2) İşbirliği yapmayı sevmeyen bir tutum hakim ise	30
(3) İşbirliği yapmayı seven bir tutum hakim ise	45
(4) Dostça ve işbirlikçi bir tutum hakim ise	60
6. İş Kanunları	
<i>Seviye</i>	<i>Puan</i>
(0) Katı ve sıkı denetimli uygulamalar var ise	0
(1) Katı ancak sıkı denetimli olmayan uygulamalar var ise	8
(2) İş kanunlarının istihdam politikası üzerinde çalışma sıkıntısı yaratma durumu yok ise	15
(3) İş kanunları az ve zahmetli değil ise	23
(4) İyi ilişkiler kurmaya olanak sağlayan kanunlar mevcut ise	30

Kaynak: James R. Evans, David R. Anderson, Dennis J. Sweeney ve Thomas A.

Williams, Applied Production and Operations Management, West Publishing Company, St. Paul, 1990

Tablo 3' de görüldüğü gibi su durumu ve barınma ölçütleri birbiri ile eşit diğer ölçütlere göre ise daha az öneme sahiptirler. Bu örnek tabloya göre iş kanunları ölçütü en önemli ölçüt olarak en fazla ağırlığa sahiptir. Bu durum sektörlere ve/veya ürün seçimine göre değişiklik gösterebilir.

Ölçütler, ölçütlerin seviyeleri ve bu seviyelerin ağırlıklı puanları belirlendikten sonra alternatif tesis yerleri için puanlamalar yapılır ve en yüksek puan alan yerleşim yeri tesis yeri olarak belirlenir.

III.1.2. Yatırımların Karlılığı (Rantabilitesi) Yöntemi

Bu yöntemde işletmeler, tesisin kuruluş maliyetinin yanı sıra alternatif yerlerin her birinde tesisin kurulması sonrası üretime geçilmesi halinde belirli bir dönemde elde edilebilecek satış gelirlerini de hesaplamaktadır. Tüm aday tesis yerleri için maliyetler ile satış gelirlerinin karşılaştırılmasıyla elde edilebilecek kar oranı belirlenmekte ve en yüksek orana sahip yer tesis yeri olarak seçilmektedir.

Tablo 4 de yer alan örnek ele alındığında aday tesis yerlerinden 4. tesis yeri yatırım rantabilitesinin % 30 olması ve en yüksek rant oranını oluşturması nedeniyle tesis yeri olarak seçilmelidir (Özcan, 2005).

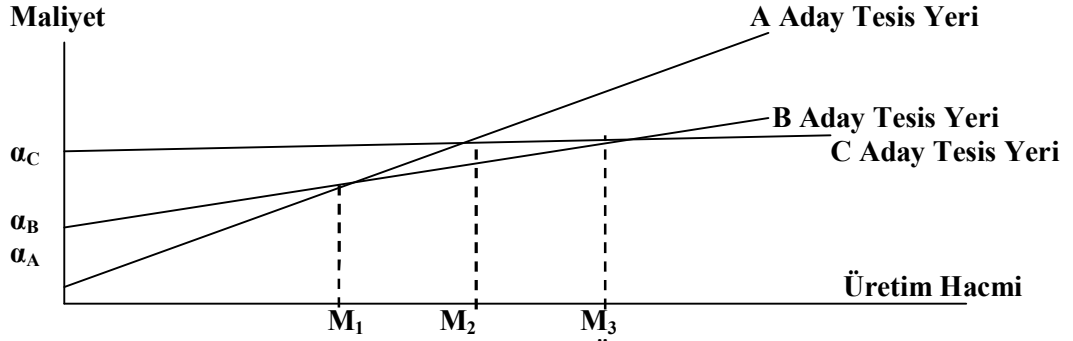
Tablo 4: Yatırım Rantabilitesine Göre Tesis Yeri Seçimi Örneği

Görünür Gelirler – Giderler (Milyon TL/Yıl)	Aday Tesis Yeri			
	A	B	C	D
Toplam Gelir	150.000	150.000	150.000	150.000
Toplam Gider	135.000	140.000	125.000	120.000
Yatırım	100.000	100.000	100.000	100.000
Kazanç (vergiden sonra)	15.000	10.000	25.000	30.000
Yatırımın Rantabilitesi	0.15	0.10	0.25	0.30

Kaynak: Engin Özcan, Mobilya Endüstrisinde Tesis Planlama Teknikleri ve Uygulaması (Madeş Örneği), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 2005

III.1.3. Başabaş Analizi Yöntemi

Tesis yerlerinin sabit ve değişir maliyetleri saptanabilirse maliyet fonksiyonları oluşturulabilir. Bu fonksiyonların alacağı değerler, aday tesis yerleri itibariyle bir üretim hacmi-maliyet ekseninde gösterilebilir. Elde edilen grafikten yararlanılarak, tesis kapasitesine göre en uygun aday tesis yeri saptanabilir (Özer, 2005).



Şekil 4: Başabaş Analizi Örneği

i 'inci aday tesis yerinin maliyet fonksiyonunun doğrusal olduğu kabul edilirse, bunu

$$Y_i = a_i + b_i M$$

ifadesiyle göstermek ve üstteki şekilde görüldüğü gibi bir koordinat sistemi üzerinde karşılaştırmak olasıdır.

Örneğin, tesisin üretim hacmi M^* ise;

$$M^* < M_1 \text{ durumunda A aday tesis yeri,}$$

$$M_1 > M^* < M_3 \text{ durumunda B aday tesis yeri,}$$

$$M^* > M_3 \text{ durumunda C aday tesis yeri,}$$

seçilir. $M^* = M_1$ ise A ve B aday tesis yerleri, $M^* = M_3$ ise B ve C aday tesis yerleri arasında tarafsız kalınır. Bu durumlarda ikincil kıstaslara göre karar verilir.

III.1.4. Karlılık Karşılaştırma Yöntemi

Bu yönteme göre, alternatif tesis yerleri karlılık durumlarına göre karşılaştırılır ve en yüksek karlılığa sahip olan yer seçilir. Karlılık karşılaştırma yönteminde; satışlar, maliyet ve kar ilişkileri değerlendirilerek tesis yeri seçimiyle ilgili karar verilir. Her

alternatif tesis yeri için satış gelirleri ve maliyetler öngörülerek karlılık oranı hesaplanır. En yüksek karlılık oranına sahip olan alternatif optimum tesis yeri olarak seçilir (Tekin, 2012). Optimum tesis yerini saptamada karşılaştırmalı yöntemler arasında en kullanışlı olanı maliyetler yanında satış gelirlerini göz önünde bulunduran karlılık karşılaştırma yöntemidir. Ancak bu yöntem, alternatif tesis yerlerine ilişkin maliyetlerin ve satış gelirlerinin sağlıklı tahmin edilmesini gerektirdiği için uygulanması zordur. Piyasanın dengesiz olduğu ortamlarda, özellikle satış gelirlerinin önceden tahmin edilmesi maliyetlere nazaran çok zor olmaktadır (Demircioğlu, 2010).

Tablo 5: Karlılık Yöntemi İle Tesis Yeri Seçimine Bir Örnek

Görünür Gelirler – Giderler (Milyon TL/Yıl)	Aday Tesis Yerleri			
	1	2	3	4
Satış Gelirleri	500.000	500.000	500.000	500.000
Hammadde/Malzeme Giderleri	--	--	--	--
Hammadde Giderleri	--	--	--	--
Yardımcı Madde Giderleri	--	--	--	--
İşletme Maddeleri	--	--	--	--
İşçilik Ücretleri	--	--	--	--
Diğer Giderler	--	--	--	--
Aylıklar	--	--	--	--
Sosyal Giderler	--	--	--	--
Ulaşım Giderleri	--	--	--	--
Enerji Giderleri	--	--	--	--
Toplam Giderler	450.000	460.000	440.000	420.000
Kazanç	50.000	40.000	60.000	80.000

Kaynak: Engin Özcan, Mobilya Endüstrisinde Tesis Planlama Teknikleri ve Uygulaması (Madeş Örneği), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, 2005

III.1.5. Ağırlık Merkezi Yöntemi

Ağırlık merkezi yöntemi, mevcut tesisleri ve bu kuruluşlar arasındaki mesafeler ile sevk edilecek olan ürün hacmini dikkate alan tek konumlu tesislerin yerleştirilmesinde kullanılan bir tekniktir. Ağırlık merkezi yöntemi mevcut tesislerin

yerlerinin kareli koordinat sistemine yerleştirilmesi ile başlar. Amaç yerleşimler arasındaki göreceli mesafeleri tespit etmek ve maliyeti minimum yapacak merkezi bulmaktır. Ağırlık merkezi en küçük taşıma maliyetini veren X ve Y koordinatlarının bulunması ile hesaplanır. Kullanılan formül şu şekildedir (Chase, Jacobs & Aquilano, 2006):

$$C_x = \frac{\sum d_{ix} V_i}{\sum V_i}$$

$$C_y = \frac{\sum d_{iy} V_i}{\sum V_i}$$

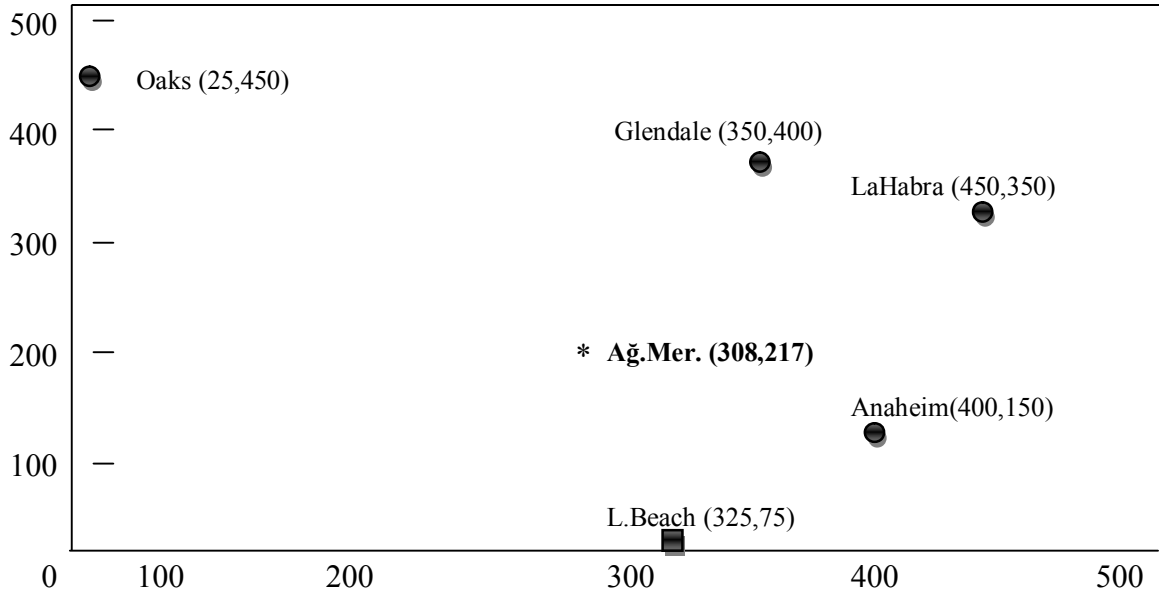
C_x = Ağırlık merkezinin X koordinatı

C_y = Ağırlık merkezinin Y koordinatı

d_{ix} = i. yerleşimin X koordinatı

d_{iy} = i. yerleşimin Y koordinatı

V_i = i. yerleşimden veya i. yerleşime taşınan ürün hacmi



Şekil 5: Ağırlık Merkezi Yöntemi Örneği

Kaynak: Richard B. Chase, F. Robert Jacobs ve Nicholas J. Aquilano, Operations

Management for Competitive Advantage, McGraw – Hill Company, New York, 2006

III.1.6. Coğrafi Koordinatlar Yöntemi

Bu yöntem, kuruluş yeri seçiminin, sadece taşıma maliyetlerine bağlı olduğu ve taşıma masraflarının da uzaklıkla doğrusal orantılı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Tesis yeri seçimini etkileyen tek faktör uzaklık ya da taşıma masrafları olmasa da bir başlangıç çözümü elde edebilmek için böyle bir yöntem uygulanabilir. Talep miktarlarının, birim taşıma maliyetlerinin, talep merkezlerinin ve üretim merkezlerinin coğrafi koordinatlarının bilinmesi halinde (genellikle enlem ve boylam değerleri kullanılarak) minimum maliyetli tesis yerinin koordinatlarını hesaplamak mümkündür. Yöntemin uygulanışı oldukça basit olduğundan genel bir matematik modeli yoktur (Su & Aslan, 1990).

III.1.7. Dal ve Sınır Algoritması

Klasik tesis yeri çözüm yaklaşımları ile birlikte de kullanılan dal ve sınır algoritması sezgisel çözüm yaklaşımları arasında daha fazla kullanım alanına sahip bir çözüm yaklaşımıdır.

Dal ve Sınır Yöntemi, temelde tüm olurlu çözüm seçeneklerini belirlemeye yönelik bir tekniktir. Ancak optimal çözüme götürmeyen bazı çözüm seçenekleri önceden elimine edilmektedir. Bu nedenle gerekli değerlendirmelerin sayısı, genellikle, çözüm alanının boyutlarından oldukça küçüktür. Bu verimli arama yöntemi, çözüm alanını küçük alt problemlere böler. Bu alt problemlere "dallandırma noktaları" adı verilir. Her alt problem, daha fazla araştırma gerekip gerekmediği belirlenmek üzere değerlendirilir (Başkaya, 2005).

Adından da anlaşılabilceği gibi yöntem, dallanma ve sınırlama olmak üzere iki temel kavramı içermektedir. Dallanma; incelenen asıl problemin iki veya daha çok alt probleme ayrılmasıdır. Sınırlama ise verilen bir alt problemin en iyi çözümü üzerine bir alt

ve/veya üst sınır değeri belirleme işlemidir. Alt sınır problemin çözümü ile ilgili "en küçük değer" olmaktadır. Bu sınır değerleri çözüm süreci içinde geliştirilmeye çalışılır (Sezen, 2007).

Dal sınır yönteminin aşamalarını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür (Başkaya, 2005):

- 1. Dallandırma Aşaması:** Sonlandırılmamış alt problemlerde, en yüksek sınıra sahip olan seçilir. Bu alt problemin düğümünden, bir sonraki değişken kararlaştırılarak dallandırma yapılarak iki yeni alt problem oluşturulur.
- 2. Sınırlandırma Aşaması:** Her yeni alt problem için, simpleks metodu uygulanarak sınırlar belirlenir ve Z 'nin değeri yuvarlatılarak optimal sonuç bulunur.
- 3. Sonlandırma Aşaması:** Her yeni alt problem için üç sonlandırma testi yapılır.
 - i. Test:** maksimum için sonuç eğer daha önce bulunan sınırdan küçük ise alt problem elenir. Minimum da ise sonuç daha önce bulunandan büyük ise alt problem elenir.
 - ii. Test:** Alt problemin uygun bir çözümü yoksa problem elenir.
 - iii. Test:** Eğer alt problem için sonuç tamsayı ise problem sonlandırılır.
- 4. Optimizasyon Testi Aşaması:** Hiç alt problem kalmadığında, dallarda bulunan sonuçlar arasından maksimizasyon problemlerinde en büyük, minimizasyon problemde en küçük olanı seçilir.

Daha çok araç rotalama ve çizelgeleme problemlerinde kullanılan dal sınır algoritmalarının tesis yeri seçimi problemleri üzerindeki uygulama örneklerinden birisi Küçükaydın, Aras ve Altınel (2010)' dur. Bu çalışmada kesikli uzayda çift düzeyli doğrusal olmayan bir karışık tamsayı programlama modeli geliştirmişlerdir. Bu modelde pazara yeni giriş yapan firma karar vericilerden öncü, rakip firma ise izleyici konumdadır. Geliştirilen modele uygun çözüm bulmak için iki tabu arama sezgiseli önerilmektedir. Bu sezgisellerde, bir eğim artış algoritması ile doğrusal olmayan programlama gevşetmesi kullanan bir dal-sınır algoritması olmak üzere iki kesin yöntem ele alınmıştır. Geliştirilen tabu arama yöntemlerinin başarısını karşılaştırabilmek için rassal olarak 75 adet örnek problem verisi üretilmiş ve bu örnekler üzerinde sayısal deneyler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre birinci yöntemin ortalama ana işlemci zamanı 5222,1 saniye iken ikinci yönteminki 36106,6 saniyedir. Bu 75 örnekten 41 tanesinde birinci yöntem daha iyi sonuç verirken geri kalan örneklerde ikinci yöntem daha iyi sonuçlar sağlamıştır. Bu bağlamda geliştirilen birinci yöntemin başarısının daha yüksek olduğu görülmüştür. Bresnev (2013) tesis yeri sorunu için genel bir matematiksel model üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada rakipleri yakalamak ve müşterilere maksimum fayda sağlamak amaçlanmış, alt ve üst sınırların belirlenmesi için dal sınır algoritması kullanılmıştır. Bir diğer çalışmada ise Dupont (2008) tüm müşteri taleplerini karşılarken yatırım, üretim ve taşıma maliyeleri toplamını minimize eden yeni bir model önerisinde bulunmuş ve dal sınır sezgisel algoritması ile optimum çözüme ulaşmaya çalışmıştır.

III.2. Sezgisel Çözüm Yaklaşımları

Tesis yeri seçimi problemlerinin pek çoğunun NP-zor sınıfına giren problemler olması nedeniyle bu tür problemler için kesin çözümü garanti eden klasik çözüm yöntemlerinin tümü üssel hesaplama zamanı (problemin boyutu açısından) gerektirir. Bir

başka ifade ile bu tür problemlerin boyutu arttıkça çözüm süresi de üssel olarak artar. Bu durum özellikle büyük boyutlu problemlerin çözümünü güçleştirmekte hatta imkansızlaştırmaktadır. Bu nedenle, büyük boyutlu tesis yeri seçimi problemlerinin çözümünde kesin çözümü garanti etmeyen ancak probleme makul bir süre içerisinde kesin çözüme yakın çözümler üretebilen sezgisel (heuristic) çözüm yöntemleri sıkça kullanılmaktadır (Kulluk & Türkbey, 2004).

III.2.1. Lagrange Gevşetme Yöntemi

Birçok kısıtlayıcı tarafından zorlaştırılmış, çok sayıda tamsayılı programlama modeli bulunmaktadır. Bu modellerin kolaylaştırılmasını sağlamak amacıyla modelde bazı değişiklikler yapılarak doğrusal programlama gevşetme veya lagrange problemi oluşturulabilmektedir. Doğrusal programlama gevşetme, değişkenler üzerindeki tüm tamsayı veya 0-1 kısıtlarının atılarak, elde edilen doğrusal programlama problemidir.

Lagrange gevşetme ise doğrusal programlama gevşetmeden daha güçlü sonuçlar verir. Doğrusal programlama gevşetmede tamsayı kısıtlar problemden atılırken, lagrange gevşetmede tamsayı kısıtlar aynen korunur ancak diğer bazı katı kısıtlar gevşetilir. Böylece problem tamsayı sonuç verir. Katı kısıtlar problemden tümüyle atılmayıp amaç fonksiyonuna sabit bir çarpanla çarpılarak eklenir (Başkaya, 2005). Lagrange yaklaşımında, minimizasyon problemleri için bulunan optimum çözüm, orijinal problemin optimum değeri için bir alt sınır, maksimizasyon problemleri için bulunan optimum çözüm ise orijinal problemin değeri için bir üst sınır olmaktadır.

Lagrange yaklaşımı, rotalama, yerleştirme, planlama, atama ve küme kaplama problemleri için iyileştirilmiş bir algoritma oluşturmaktadır.

Türkçe literatürde doğrusal programlama gevşetme ve lagrange gevşetme yöntemleri ile tesis yeri seçimi modellerinin çözüldüğü bir çalışmaya rastlanmamıştır. Tesis yeri seçimi konusunda yapılan birçok çalışmada doğrusal programlama gevşetme ve lagrange gevşetme yöntemlerinden bahsedilmiş ancak çözüm yöntemi olarak uygulamaya alınmamışlardır. Ancak diğer ülkelerde bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Baiou ve Barahona (2011) de p – medyan problemleri için doğrusal programlama gevşetme yöntemi uygulanmıştır. Galvao ve Revelle (1996) maksimum kaplama yerleşim problemlerini ele alarak lagrange gevşetme yöntemi yardımıyla optimum çözüme ulaşmaya çalışmıştır. Bu çalışmada; 50, 100 ve 150 düğümden oluşan ağ yapıları oluşturulmuş ve "süper bilgisayar" olarak adlandırılan IBM 3090 - 600J ile analizler yapılmıştır. Çalışmada maksimum kaplama problemlerinin çözümünde ve diğer modellerin çözümünde tam sayılı programlama gevşetme yaklaşımının doğrusal programlama gevşetmesine göre daha kesin sonuçlar verdiği vurgulanmıştır. Lagrange gevşetme yöntemi kullanılarak çözüme ulaşılan bir diğer çalışmada ise Nezhad ve arkadaşları (2013) kapasite kısıtsız tek kaynaklı çok ürünlü yerleştirme modelleri üzerinde uygulama yapmışlardır. Bu çalışmada ise geliştirilen modele iki farklı lagrange gevşetmesi uygulanmış ve CPLEX optimizasyon programı yardımıyla gevşetme yapılmadan, birinci gevşetme sonucu ve ikinci gevşetme sonucu ayrı ayrı analize tabi tutulmuştur. Sonuçlara göre işlem süresi ikinci gevşetmede biraz daha uzun olsa da optimum çözüme daha yakın olduğu ve böylece lagrange gevşetme yönteminin optimum çözüme ulaşmada oldukça etkin olduğu gösterilmiştir.

III.2.2. Genetik Algoritmalar

Genetik algoritma, doğadaki evrim mekanizmasını örnek alan bir arama metodudur ve bir veri grubundan özel bir veriyi bulmak için kullanılır (Gökçen, 2006). Genetik algoritma tekniği, Michigan Üniversitesinde yer alan John Holland ve

arkadaşlarının liderliğindeki çalışmalar sonucu 1970' li yıllarda ortaya çıkmış ve 1975 de Holland "Doğal ve Yapay Sistemlerin Uygulanması" adlı kitabını yayınlamıştır. Mekanik öğrenme konusunda çalışan Holland, Darwin in evrim kavramından etkilenecek canlılarda yaşanan genetik süreci bilgisayar ortamında gerçekleştirmeyi düşündü. 1985 de Holland' ın öğrencisi olarak doktorasını veren David E. Goldberg adlı inşaat mühendisi 1989 da konusunda bir klasik sayılan kitabını yayınlana dek genetik algoritmaların pek yarar olmayan bir araştırma konusu olduğu düşünülüyordu (İşçi & Korukoğlu, 2003).

Genetik Algoritma, canlılardaki genetik evrim prensiplerini optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanır. Algoritma çözüm kümesini dolaşmaya rassal olarak seçtiği belli sayıda çözümden oluşan bir küme (populasyon) ile başlar. Daha sonra bu populasyondan belli kriterlere uyan iki çözüm (aile çözümler) seçer ve bu çözümleri genetik bilimindeki çaprazlama işlemine benzer bir işleme tabi tutarak iki yeni çözüm (çocuk çözümler) üretir. Algoritma çocuk çözümlerle birlikte büyüyen populasyon içerisinde belli kriterlere göre seçtiği bazı çözümleri çıkararak populasyonu günceller. Bu işlemi belli sayıda iterasyon boyunca tekrarlayan algoritma dolaşma esnasında bulunduğu en iyi çözümü rapor ederek sonlanır.

Birçok alanda problemlerin çözümünde kullanılan genetik algoritmalar tesis yerleşim problemlerinin çözümünde de etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Hem ülkemizde hemde ülkemiz dışında birçok tesis yerleşim problemleri genetik algoritmalar kullanılarak çözülmüştür. Kulluk ve Türkbey (2004) eşit alanlı tesis yerleşim problemleri için genel bir genetik algoritma oluşturmuş ve 30 aday kuruluş yerine sahip bir problem üzerinde uygulamışlardır. Tavakkoli ve Shayan (1998)' den alınan veriler yine aynı çalışmada elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda Kulluk ve Türkbey (2004) tarafından geliştirilen algoritmanın daha iyi sonuçlar verdiği ancak boyut sayısı arttıkça

optimum çözüme ulaşmanın daha zorlaştığı ortaya konmuştur. Ayan (2008) sabit maliyetli tesis yerleşim problemleri için genetik algoritma önermiştir. Bu çalışmada önerilen genetik algoritma için başlangıç kitesinin oluşturulması, çaprazlama ve tamir süreçlerine dair algoritma parçaları açıklandıktan sonra DELPHI de kodlanmış ve bir örnek problem çözülerek işlerliği ve etkinliği ortaya konulmuştur. Yapılan analizler sonucunda önerilen algoritmanın çalışmada ele alınan modeli çözmeye yetkin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yurt dışı literatürde ise Maric (2010) çok aşamalı kapasite kısıtsız tesis yerleşim modellerinin genetik algoritmalar yardımıyla çözülmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada Maric, ikili karar değişkenleri kullanarak dinamik programlama yaklaşımı ile altı potansiyel yerleşim yeri için iki aşamalı model kurmuştur. CPLEX optimizasyon programı yardımıyla genetik algoritma kodlaması yapılmış ve iki potansiyel yerleşim yerine karar verilmiştir. Çalışmanın sonucunda genetik algoritmaların daha büyük ölçekli benzer tesis yerleşim problemlerinde de optimum sonuca ulaşmada etkili bir sezgisel yöntem olduğu vurgulanmıştır. Pasricha ve Wadhwa (2011) ise tesis yerleşim problemlerinin oprimizasyonu için genel bir genetik algoritma oluşturmuş ve kapasite kısıtsız p - medyan tesis yeri seçimi modelleri üzerinde uygulamıştır. Uygulama sonucunda tesis kapasitesinin aşılmaması şartıyla yaklaşım 421 milyar çözüm uzayına sahip gerçek hayat problemlerinde bu genetik algoritmanın uygulanabileceğini savunmuşlardır.

III.2.3. Tabu Arama Algoritması

Tabu Arama çözüm kümesini dolaşırken daha önce ziyaret edilen çözümlerin tekrar ziyaret edilmesini önleyecek bir hafıza mekanizması kullanır. Bu algoritma çözüm kümesini dolaşmaya rassal olarak seçtiği bir çözümle başlar. Daha sonra komşuluk fonksiyonu yardımıyla bu çözümden belli sayıda komşu çözüm üretir. Üretilen komşu çözümler içerisinde daha önce ziyaret edilenleri tabu olarak yasaklar ve değerlendirme

dışı bırakır. Tabu olmayan komşu çözümler içerisinde ise en iyisini bularak, mevcut çözümden daha iyi olup olmadığına bakmaksızın, bu çözüme ilerler. Algoritma aynı işlemi belli sayıda iterasyon boyunca tekrarlar ve dolaşma esnasında bulduğu en iyi çözümü rapor ederek sonlanır.

Türkçe literatürde birçok problemin çözümünde (çizelgeleme, araç rotalama, üretim planlama gibi) kullanılan tabu arama algoritmasının tesis yeri seçimi modellerinin çözümünde bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak yabancı kaynaklar içerisinde tesis yeri seçimi konusunda tabu arama algoritması oldukça sık başvurulan bir çözüm yöntemi haline gelmiştir. Rolland, Schilling ve Current (1996) da p – medyan problemlerini ele alarak tabu listesi boyutu 13 – 500 arası düğüm genişliğine sahip 100 test probleminde tabu arama algoritması ile çözüme ulaşmayı hedeflemişlerdir. Bu çözüm ile de daha önce geliştirilen NS (nodes substitution) çözüm yaklaşımı ve GRIA (Global/Regional Interchange Algorithm) çözüm yaklaşımları ile karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda 12 adet büyük boyutlu problemde (200 – 500 arası aday tesis yerine sahip problemler) tabu arama algoritmasının optimum çözüme ortalama 4,326 saniye, NS çözüm yaklaşımının ortalama 12,408 saniye ve GRIA çözüm yaklaşımının da optimum çözüme 5,660 saniye de ulaştığını bu nedenle de işlemci zamanı açısından tabu arama algoritmasının daha erken sürede optimum çözüme ulaştığını ortaya koymuşlardır. Bir diğer çalışmada Sun (2006) kapasite kısıtsız tesis yeri seçimi modellerini tabu arama algoritması ve lagrange gevşetme yöntemi kullanarak çözmüş ve çözüm değerlerini karşılaştırmıştır. Örnek problem için literatür incelemesinin ardından rassal bir veri seti oluşturularak her iki yaklaşımla da çözüme ulaşmıştır. Çözümler karşılaştırdığında tabu arama algoritması ile ulaşılan optimum çözümün lagrange yaklaşımı ile ulaşılan optimum çözümden daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

III.2.4. Tavlama Benzetimi

Tavlama Benzetimi, yapısal bozukluk içeren kristallerin yüksek bir sıcaklıktan başlayarak kademeli olarak soğutulması ve böylece yapısal bozukluklarından arındırılarak mükemmelleştirilmesi mantığına dayanır. Bu algoritma çözüm kümesini dolaşmaya önceden belirlenmiş bir sıcaklıkla ve rassal olarak seçtiği bir çözümle başlar. Daha sonra komşuluk fonksiyonu yardımıyla bu çözüme komşu bir çözüm üretir. Üretilen komşu çözüm ile mevcut çözümün amaç fonksiyonu değerleri arasındaki farkı, ortalaması o anki sıcaklık olan üssel dağılımdan seçilen bir rassal sayı ile karşılaştırır. Amaç fonksiyonu değerleri arasındaki fark bu rassal sayıdan daha küçükse komşu çözümü kabul ederek bu çözüme ilerler, aksi halde mevcut çözümü terk etmeksizin farklı bir komşu çözüm üreterek aynı karşılaştırmayı (her seferinde farklı bir rassal sayı ile) tekrar yapar. Belli sayıda iterasyon boyunca aynı sıcaklık korunmakla birlikte bu iterasyon sayısına ulaşıncaya kadar sıcaklık kademeli olarak azaltılır. Sıcaklık önceden belirlenmiş bir seviyenin altına indiğinde ise algoritma dolaşma esnasında bulduğu en iyi çözümü rapor ederek sonlanır.

Ülkemizde tesis yeri seçimi modellerinin tavlama benzetimi modelleri ile çözüldüğü bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Yabancı kaynaklar içerisinde de tesis yeri seçimi modellerinin tavlama benzetimi yaklaşımı ile çözüldüğü çok az sayıda çalışma mevcuttur. Righini (1995) de ayrık konum/taahsis problemlerine tavlama benzetim algoritması uygulanmıştır. Ayrık tesis konum/taahsis problemlerine p – medyan problemlerini örnek vererek bu problemler için uygulama yapılmıştır.

III.2.5. Karınca Kolonisi Algoritması

1989 yılında Goss, Aron, Deneuborg ve Pasteels, laboratuvar ortamında yetiştirdikleri karınca kolonilerini izleyerek çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalardan bazıları ise kolonilerin incelenerek onlardan esinlenen yeni yöntem ve

algoritmaların bulunması üzerine yoğunlaşmaktadır. Karınca koloni optimizasyonu ilk kez 1990'ların başında Dorigo ve meslektaşları tarafından zor kombinatoriyal problemlerin çözümü için doğadan esinlenilmiş bir meta sezgisel olarak önerilmiştir (Dorigo & Blum, 2005).

Arılar ve karıncalar hayatta kalmak amacı ile çeşitli davranış biçimleri sergilemektedir. Günümüzde bilim adamları gerçek hayattaki hayvanların davranışlarını örnek alarak; değişik uygulamalarda kullanmışlardır. Karınca Kolonisi Optimizasyon Algoritması da bunlardan birisidir (Dorigo, Birattari & Stützle, 2006).

Karıncalar sosyal böceklerdir. Koloniler halinde yaşayan böceklerde bireylerin davranışları bütünsel olarak koloninin hayatta kalmasına yöneliktir. Bireysel olarak incelendiğinde bu böceklerin hareketleri anlamsız olarak nitelendirilebilirken koloninin tamamı gözlendiğinde en iyiyi arama yönünde olduğu söylenebilir. Karınca kolonilerinin en önemli ve ilginç davranışı ise yiyecek arama davranışları, özellikle de onların yiyecek ve yuvaları arasındaki en kısa yolu bulmalarıdır (Dorigo, Caro & Gambardella, 1999).

Karıncalar görme yetileri olmayan böceklerdir. Yiyecek ararken rastgele bir biçimde yuvalarının etrafını tararlar. Bir karınca yiyecek kaynağı bulduğunda ise yiyeceğin besin kalitesini ve miktarını değerlendirir, sonra da yiyeceğin bir kısmını yuvaya taşır. Dönüş yolunda karınca yere feromon isminde bir kimyasal iz bırakır. Karıncalar için feromon bir uyarandır ve karıncalar feromon miktarının fazla olduğu bölgeye yönelme eğilimi gösterirler. Karıncanın dönüş yolunda bıraktığı ve yiyecek kalitesi ile miktarını ifade eden feromonun miktarı diğer karıncalara yiyecek kaynağını bulmalarında rehberlik eder. Feromon salgılayarak ve ortamdaki feromon miktarını algılayarak karıncalar arasında oluşturulan bu dolaylı iletişim şekli yiyecek ve yuvaları arasındaki en kısa yolu bulmalarını

sağlar. Gerçek karınca kolonilerinin bu özelliği, yapay karınca kolonileri ile koloni optimizasyon problemlerini çözmek için kullanılır (Dorigo & Blum, 2005).

Bir karınca bir yiyecek kaynağı bulduğu zaman kaynağın kalitesini veya miktarını değerlendirir ve bir miktar yiyecek alarak yuvasına geri döner. Bu geri dönüş sırasında, bulduğu yiyecek kaynağının kalitesi veya miktarıyla doğru orantılı olacak şekilde kullandığı yol üzerinde feromon maddesi salgıladığından bahsedilmiştir. Böylece diğer karıncalar, söz konusu yolun sonundaki yiyecek kaynağının varlığı hususunda bilgi sahibi olurlar. Yuvaya yakın kaynaklara ulaşmak daha kolay ve hızlı olacağı için, yuvaya kısa mesafedeki yollar üzerinde feromon maddesinin yoğunluğu daha fazla olacaktır (Özdemir, 2008).

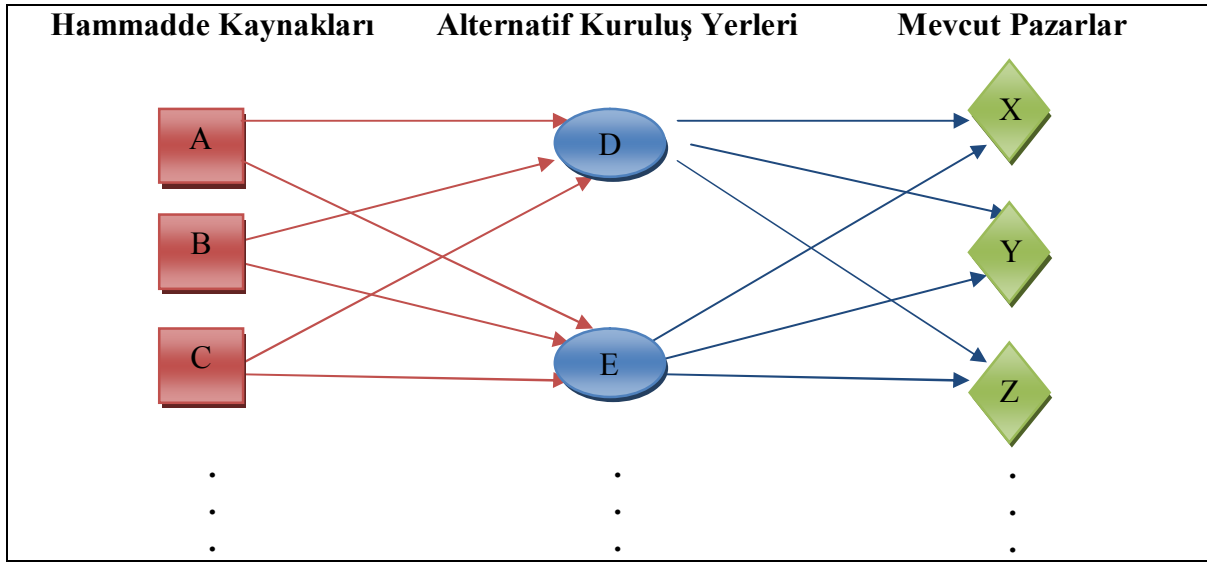
Türkiye’ de tesis yeri seçimine karınca kolonisi algoritması yaklaşımı ile yapılan en önemli çalışmalardan biri Çalışkan (2008) tarafından kapasite kısıtsız tesis yeri seçimi modelleri ele alınarak yapılan yüksek lisans tezidir. Bu tezde kapasite kısıtsız tesis yerleşim problemleri için karınca kolonisi optimizasyonuna dayalı bir sezgisel algoritma önerilmiştir. Önerilen algoritmanın performansı, test problemleri kullanılarak literatürdeki diğer sezgisel algoritmalar ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Deneysel analiz, bu tezde önerilen algoritmanın literatürdeki diğer sezgisel algoritmalar kadar etkin ve hızlı bir algoritma olduğunu göstermiştir. Cheng ve Ting (2008) de lagrange gevşetme yöntemi ile karınca kolonisi algoritmasını birlikte kullanmışlardır (LGY - KKA). Uygulama için ise tek kaynaklı kapasite kısıtlı tesis yerleşim modellerini ele almışlardır. Geliştirilen çözüm yöntemi iki farklı uzay üzerinde uygulanmış ve diğer sezgisel algoritmalar ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucuna göre LGY - KKA' nın bu problemlerin çözümünde etkili olduğu ve bilinen sezgisel yöntemler ile rekabet edebilir durumda olduğu ortaya konmuştur.

IV. BÖLÜM: METODOLOJİ VE MODEL ÖNERİSİ

Tesis yeri seçimi problemleri, farklı özellikler ve amaçlar taşıması nedeniyle, literatürde birbirinden ayrı problemler olarak ele alınmakta ve incelenmektedir. Bu çalışma kapsamında ise, literatürde birbirinden ayrı olarak ele alınan, farklı özellikteki tesis yeri seçimi problemlerine genel geçerliliğe sahip ortak bir model önerilmesi amaçlanmaktadır.

Tesis yeri seçimiyle ilgili olarak literatürde yer alan modellerde Tablo 6' da verildiği gibi talep merkezlerinin taleplerinin karşılanması, tesis ile talep merkezi arasındaki mesafenin minimize edilmesi ve tesisten talep merkezlerine ürün taşıma maliyetlerinin minimize edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan bu çalışmada ürün taşıma maliyetlerinin minimize edilmesini amaçlayan modeller için genel bir matematiksel model önerisinde bulunulmuştur. Sunulan modelin literatürde incelenen tesis yeri seçim modellerinden birinci farkı literatürdeki tesis yeri seçim modellerinin hiçbiri hammadde taşıma maliyetlerini ele almazken, bu çalışmada önerilen modele nihai ürün taşıma maliyetlerinin yanı sıra hammadde taşıma maliyetleri de dahil edilmiştir. Bir diğer fark, literatürde incelenen çalışmaların sadece birkaç tanesinde ele alınan üretim maliyetleri ve sabit tesis kuruluş maliyeti toplamı önerilen modelde amaç fonksiyonuna dahil edilerek daha geniş bir bakış açısı oluşturulmaya çalışılmıştır. Literatürde incelenen çalışmaların tamamı (taşıma maliyeti minimizasyonu problemleri için geliştirilen modeller) nihai ürün taşıma maliyetlerini ele aldığından karar değişkenleri de daha genel durumdadır. Diğer çalışmalarda modelin ilerlemesi tesisin açılmasına bağlı iken bu çalışmada geliştirilen model iki tür taşıma maliyeti ele aldığından hem hammadde kaynağından tesise hammadde akışı olmasına hem de o tesisten pazara nihai ürün akışı olmasına bağlıdır. Yani her iki durumdan birisinin olmaması modeli ilerletmemektedir. Bu nedenle bu çalışmada öne sunulan modelde birleştirici bir mantık ile karar değişkenleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Ürün taşıma maliyetlerinin minimize edilmesini amaçlayan problemler için geliştirilen modellerin tamamının önerilen modelin kapsamına girebilmesi için kısıtlarda bazı değişiklikler uygulanmıştır. Kapasite kısıtlarının eklenmesi ile kapasite kısıtlı tesis yeri seçim modelleri, açılacak tesis sayısı kısıtı ile tekli ve çoklu tesis yeri seçimi modelleri, ürün çeşitliliği kısıtı ile de tekli ve çoklu ürün olmasına göre olan modeller önerilen genel modele dahil edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma için kurulan model Şekil 6' da verilmiştir:



Şekil 6: Çalışmanın Modeli

Model içerisindeki A, B, C girdileri olarak adlandırılan düğümler (ki bu düğümlerin sayısı istenildiği kadar arttırılabilmektedir) ürünün üretiminde kullanılacak hammaddelerin yer aldığı kaynak konumlarını, D ve E kuruluş için belirlenmiş olan alternatif yerleri (istenildiği kadar arttırılabilmektedir) ve son olarak X, Y, Z ise kuruluşun girmeyi hedeflediği pazarları (istenildiği kadar arttırılabilmektedir) göstermektedir. Kurulan modeldeki amaç hammadde kaynaklarının taşınması ile oluşan hammadde taşıma maliyetleri ile pazarlara nihai ürün sağlamada katlanılan taşıma maliyetlerinin, üretim maliyetlerinin ve sabit tesis açılış maliyetinin toplamını en küçükleyen tesis yerini bulmaktır. Kurulan modelde tüm aday tesis yerleri için maliyetler toplanacak ve ardından en uygun olan yer(ler) tesis yeri olarak seçilecektir.

İkinci bölümde açıklanan tesis yeri seçim modelleri (TYSM)' nin amaç fonksiyonları incelendiğinde bir kısmının maliyetler üzerinde, bir kısmının taleplerin karşılanması üzerine ve bir kısmının da mesafeler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Modellerin çözümünde ise kesin ve sezgisel olmak üzere iki ana başlıkta toplanabilen tekniklerinin kullanıldığı söylenebilir. Bu çalışmanın modelinde yer alacak olan amaç fonksiyonu ile örtüşen tesis yeri seçim modelleri şu şekildedir:

Tablo 6: Tesis Yeri Seçimi Modelleri ve Bu Modellerin Amaçları

TYSM	Amaç Fonksiyonu
Sürekli TYSM	Talep merkezi ile kuruluş arasındaki mesafeyi en küçüklemek.
Küme Kaplama TYSM	Talep merkezi ile kuruluş arasındaki mesafeyi en küçüklemek.
Maksimum Kaplama TYSM	Kaplanan taleplerin sayısını en büyükmek.
Tepe P-Merkez TYSM	Talep merkezi ile kuruluş arasındaki mesafeyi en küçüklemek.
Medyan TYSM	Talep merkezi ile kuruluş arasındaki mesafeyi en küçüklemek.
Dağılım TYSM	Kuruluşlar arasındaki mesafeyi en küçüklemek.
Tekli TYSM	Ürün taşıma maliyetlerini en küçüklemek.
Çoklu TYSM	Ürün taşıma maliyetlerini en küçüklemek.
Statik TYSM	Ürün taşıma maliyetlerini en küçüklemek.
Dinamik TYSM	Ürün taşıma maliyetlerini ve yeniden yerleşim maliyeti toplamını en küçüklemek.
Deterministik TYSM	Talep merkezi ile kuruluş arasındaki mesafeyi en

	küçüklemek.
Probabilistik TYSM	Beklenen mesafeleri en küçüklemek.
Tekli Ürün TYSM	Kuruluş sabit maliyetleri ve taşıma maliyetleri toplamını en küçüklemek.
Çoklu Ürün TYSM	Kuruluş sabit maliyetleri, taşıma maliyetleri ve üretim maliyetleri toplamını en küçüklemek.
Özel Sektör TYSM	Yatırım maliyetleri ve diğer maliyetleri en küçüklemek.
Kamu Sektörü TYSM	Kaplanan talepleri ve/veya sağlanan faydayı en büyülemek.
Kapasite Kısıtlı TYSM	Talep karşılama maliyeti ve sabit kuruluş maliyeti toplamını en küçüklemek.
Kapasite Kısıtsız TYSM	Hizmet maliyeti ve sabit kuruluş maliyeti toplamını en küçüklemek.
İstenen Tesisler Olmasına Göre TYSM	Talep merkezi ile kuruluş arasındaki mesafeyi en küçüklemek.
İstenmeyen Tesisler Olmasına Göre TYSM	Nüfusun yerleşim yeri ile kuruluş arasındaki mesafeyi en büyülemek.

Tablo 6 incelendiğinde sürekli, küme kaplama, tepe p-merkez, medyan, dağılım, deterministik, probabilistik, istenen tesisler olması durumunda ve istenmeyen tesisler olması durumunda kuruluş yeri seçim modelleri talep merkezleri ile kuruluşlar arasındaki (sadece dağılım modellerinde kuruluşlar arasındaki) mesafelerin en küçüklenmesi amaçlanmaktadır. Maksimum kaplama ve kamu sektörü kuruluş yeri seçim modellerinde ise amaç karşılanan taleplerin en büyülenmesidir.

IV. 1. Model Varsayımları

Bu çalışmada önerilen kuruluş yeri seçimi modelinin varsayımları aşağıda sıralanmıştır:

- 1) Hammadde/ürün akışı hammadde kaynağından tesise ve tesisten ise pazara doğru gerçekleşmektedir. Pazardan tesise, tesisten hammadde kaynağına veya pazardan hammadde kaynağına doğru (geriye doğru) akışa izin verilmemektedir. Aynı şekilde bir hammadde kaynağından başka bir hammadde kaynağına, bir tesisten başka bir tesise ve bir pazardan başka bir pazara hammadde/ürün akışı mümkün değildir.
- 2) Herhangi bir k ürünü için; hammadde kaynakları ve aday tesislerin üretim kapasiteleri ile pazarların talebi biliniyor ve sabittir.
- 3) Herhangi bir ürün türü için sadece tek tip hammadde söz konusudur. Modelin sadeliği açısından böyle bir varsayım yapılmakla birlikte, bir ürün için birden fazla hammadde söz konusu olduğunda bu ürün, gereksinim duyduğu her tip hammadde için ayrı bir ürünmüş gibi tanımlanarak bu varsayım kolaylıkla gevşetilebilmektedir (örneğin a hammaddesinin kullanıldığı k ürünü, b hammaddesinin kullanıldığı k ürünü gibi).
- 4) Bir hammadde kaynağı birden fazla tesis ve ürün için hammadde sağlayabilir, bir tesis birden fazla türde ürün üretebilir ve birden fazla pazara ürün gönderebilir, aynı şekilde bir pazar birden fazla tesisten birden fazla türde ürün talep edebilir.
- 5) Birim taşıma maliyetleri, tesis sabit kurulum maliyetleri, birim üretim maliyetleri ve birim hammadde ihtiyaçları; ilgili ürün, hammadde kaynağı, tesis veya pazara göre farklılaşabilmekle (bağımlı olmakla) birlikte üretim/gönderi miktarlarından bağımsızdır. Diğer bir ifade ile taşıma maliyetlerinde miktar iskontosu, üretim ve

kurulum maliyetlerinde ise ölçek ekonomisi söz konusu değildir. Bu durumların bulunması halinde iskontolar, ölçek ekonomisi vb. arındırılarak modele dahil edilebilir.

- 6) Önerilen model belli bir sabit zaman dilimi için geçerlidir ve zaman içerisinde meydana gelebilecek değişiklikler göz ardı edilmiştir. Zaman boyutu göz ardı edilerek statik bir model elde edildiğinden model dinamik TYSM' ni kapsamamaktadır. Ancak zaman boyutunun modele eklenmesi modeli çok karmaşık bir hale getirebilecek olsa da zaman boyutunun modele eklenmesi çok zor bir durum değildir.
- 7) Tesis sabit kurulum maliyetleri tesis bazında değil ürün (atölye) bazındadır. Diğer bir ifade ile bir tesis ürettiği her farklı tür ürün için ayrı ayrı sabit kurulum maliyetine katlanmaktadır. Dolayısıyla bir tesisin sabit kurulum maliyeti tesisin büyüklüğü veya üretim kapasitesine değil ürettiği ürün çeşitliliğine bağlıdır. Bir tesisin sabit kurulum maliyetleri farklı ürünler üretmesi durumunda (farklı bir ürün üretebilmek için ilave atölye, makine, teçhizat v.s. gerektirmesi nedeniyle) artacaktır.

IV. 2. Model Önerisi

Çalışmanın amacına yönelik olarak kurulan modelin temelinde yer alan tekli, çoklu, statik, tekli ürün olması durumunda, çoklu ürün olması durumunda, özel sektör, kapasite kısıtlı ve kapasite kısıtsız kuruluş yeri seçimi modellerinde amaç katlanılan maliyetlerin bir bölümünü veya tamamını en küçükleyecek olan bölgeye kuruluşu atamaktır.

Bu çalışma ile önerilen matematiksel model ise şu şekilde ifade edilmektedir:

$$\text{Min } Z = \sum_{k=1}^K \sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^I s_{hi}^k n_h^k + \sum_{k=1}^K \sum_{h=1}^H \sum_{i=1}^I v_{hi}^k s_{hi}^k + \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I f_i^k Y_i^k + \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J m_i^k q_{ij}^k$$

↓
1. Kısım

↓
2. Kısım

↓
3. Kısım

↓
4. Kısım

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J c_{ij}^k q_{ij}^k d_{ij}^k$$

↓
5. Kısım

(94)

Buna göre;

$$\sum_{i=1}^I s_{hi}^k \leq p_h^k \quad k=1, 2, \dots, K, h=1, 2, \dots, H \quad (95)$$

$$\sum_{h=1}^H s_{hi}^k \geq \sum_{j=1}^J r_i^k q_{ij}^k \quad k=1, 2, \dots, K, i=1, 2, \dots, I \quad (96)$$

$$\sum_{h=1}^H s_{hi}^k \leq M \times Y_i^k \quad k=1, 2, \dots, K, i=1, 2, \dots, I \quad (97)$$

$$\sum_{h=1}^H s_{hi}^k \geq Y_i^k \quad k=1, 2, \dots, K, i=1, 2, \dots, I \quad (98)$$

$$\sum_{i=1}^I Y_i^k = N^k \quad k=1, 2, \dots, K \quad (99)$$

$$\sum_{j=1}^J q_{ij}^k \leq a_i^k \quad k=1, 2, \dots, K, i=1, 2, \dots, I \quad (100)$$

$$\sum_{i=1}^I q_{ij}^k \geq b_j^k \quad k=1, 2, \dots, K, j=1, 2, \dots, J \quad (101)$$

$$\sum_{j=1}^J q_{ij}^k \leq M \times Y_i^k \quad k=1, 2, \dots, K, i=1, 2, \dots, I \quad (102)$$

$$\sum_{j=1}^J q_{ij}^k \geq M \times Y_i^k \quad k=1, 2, \dots, K, i=1, 2, \dots, I \quad (103)$$

$$Y_i^k \in \{0, 1\} \quad (104)$$

$$q_{ij}^k, s_{hi}^k \geq 0 \quad (105)$$

$$Y_i^k = \begin{cases} 1 & \text{eğer } k \text{ ürünü üreten } i \text{ tesisi açılmışsa} \\ 0 & \text{aksi halde} \end{cases}$$

I : Aday tesis yeri sayısı

J : Mevcut pazarların sayısı

K : Ürün çeşitliliği sayısı

N_k: Açılacak tesis sayısı

H : Mevcut hammadde kaynaklarının sayısı

M : Ceza maliyetini gösteren büyük bir sayı

v_{hi}^k: k ürünü için h hammadde kaynağından i aday tesisine gönderilecek olan hammaddenin birim mesafedeki birim taşıma maliyeti

s_{hi}^k: h hammadde kaynağından i aday tesisine k ürünü için gönderilecek hammadde miktarı

e_{hi}^k: k ürünü için h hammadde kaynağı ile i aday tesisi arasındaki mesafe

n_h^k: k ürünü için h hammadde kaynağından çıkarılan bir birim hammaddenin satınalma maliyeti

c_{ij}^k: i aday tesisinden j pazarına taşınacak olan k ürününün birim mesafedeki birim taşıma maliyeti

q_{ij}^k: i aday tesisinden j pazarına taşınacak k ürünü miktarı

- d_{ij}^k : k ürünü için i aday tesisi ile j pazarı arasındaki mesafe
- f_i^k : i aday tesisinde k ürünü üretimine başlanmasının sabit kurulum maliyeti
- m_i^k : i aday tesisinde üretilen k ürününün birim üretim maliyeti
- b_j^k : j pazarının k ürünü için talep miktarı
- a_i^k : i aday tesisinin k ürünü üretim kapasitesi
- p_h^k : k ürünü için h hammadde kaynağının toplam kapasitesi
- r_i^k : i aday tesisinde üretilen bir birim k ürünü için gerekli olan hammadde miktarı

- Amaç fonksiyonu (94) beş kısım maliyetten oluşmaktadır. Birinci kısım toplam hammadde satınalma maliyetini, ikinci kısım ise hammadde kaynaklarından tesislere hammadde taşıma maliyetini göstermektedir. Üçüncü kısım tesisin açılış sabit maliyetini, dördüncü kısım ürünlerin üretim maliyetini ve beşinci kısım da nihai ürünün pazara taşınması için katlanılan maliyeti ifade etmektedir. Amaç fonksiyonu (94) tüm bu maliyetlerin toplamını minimize etmeyi amaçlamaktadır.
- Bu amaç doğrultusunda ifade edilen kısıt (95), her bir h hammadde kaynağından her bir k ürünü için tüm tesislere gönderilecek olan toplam hammadde miktarının h hammadde kaynağının k ürünü kapasitesine eşit veya kapasitesinden küçük olması gerektiğini göstermektedir.
- Kısıt (96) her bir i tesisine her bir k ürünü için tüm hammadde kaynaklarından gelen toplam hammadde miktarının o tesiste o ürününün üretimi için gerekli hammadde miktarına eşit veya bu miktardan büyük olması gerektiğini göstermektedir.

- Kısıt (97) ve kısıt (98) sırasıyla h hammadde kaynağından i tesisine pozitif bir akış varsa i tesisinin açılacağını, h hammadde kaynağından i tesisine pozitif bir akış yoksa i tesisinin açılmayacağını ifade etmektedir.
- Kısıt (99) her k ürünü için açılan tesis sayısının, açılması istenen tesis sayısına eşit olması gerektiğini diğer bir ifadeyle her k ürünü için açılması istenen tesis sayısı kadar tesisin açılacağını vurgulamaktadır.
- Kısıt (100) her bir i tesisinde üretilecek k ürünü miktarının o tesisin k ürününün üretim kapasitesinden büyük olamayacağını belirtmektedir.
- Kısıt (101) her bir j pazarına tüm tesislerden gönderilen toplam k ürünü miktarının o pazarın k ürünü talebine eşit olması gerektiğini göstermektedir.
- Kısıt (102) ve kısıt (103) sırasıyla i tesisinden j pazarına pozitif akış olması halinde tesisin açılacağını ve akış olmaması halinde tesisin açılmayacağını vurgulamaktadır.
- Kısıt (104) Y_i^k karar değişkeninin 0 veya 1 değerini alabileceğini gösterirken kısıt (105) modeldeki diğer karar değişkenlerinin negatif değer alamayacağını gösteren negatif olmama şartını ifade etmektedir.

Önerilen doğrusal programlama modelinin doğrulanması amacıyla 2 ürün, 2 hammadde kaynağı, 3 aday tesis ve 3 pazardan oluşan küçük çaplı hipotetik bir problem tasarlanmış ve önerilen modele uyarlanarak LINGO paket programı yardımıyla çözülmüştür. Uç değerleri de içeren farklı parametre değerleri kullanılarak yapılan denemelerin tamamında model anlamlı sonuçlar üretmiştir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İşletme yöneticilerinin ve girişimcilerin göz önünde bulundurmaları gereken birincil hedef üretim yapılacak tesis yerinin belirlenmesi için doğru karar verebilmektir. Bu kararın doğru bir şekilde verilmesi için girişimcilerin ve/veya işletme yöneticilerinin öncelikle şu üç amaçtan birini ele alması gerekir; (1) üretilen ürünü kullanacak olan maksimum sayıda nihai tüketiciye ulaşmak, (2) üretim ve dağıtım için katlanılacak maliyeti minimize etmek veya (3) üretilen ürünü kullanacak olan tüketicinin bu üründen maksimum fayda elde etmesini sağlamak. İkinci bölümde ele alınan modeller incelendiğinde en çok tercih edilen amacın üretim ve dağıtım için katlanılacak maliyeti minimize etmek olduğu görülmektedir.

Daskin (1995) tarafından yapılan sınıflandırmada yer alan tek konumlu ve çok konumlu tesis yeri seçimi modelleri, statik ve dinamik tesis yeri seçimi modelleri, tekli ve çoklu ürün olmasına göre tesis yeri seçimi modelleri, özel sektör tesis yeri seçimi modelleri, kapasite kısıtlı ve kapasite kısıtsız tesis yeri seçimi modelleri katlanılan ürün taşıma ve tesis yatırım maliyetlerinin toplamını minimize etmeyi amaçlamaktadır. Ancak bir işletmenin taşıma maliyetleri ele alındığında katlanacağı maliyet sadece nihai ürün taşıma maliyeti değil üretim için gerekli olan hammaddenin kaynaktan tesise taşınma maliyetini de içermektedir. İşletmenin amacı ürün taşıma maliyetlerini minimize etmek ise hem nihai ürünün müşterilere taşınmasından kaynaklanan maliyeti hem de üretim için gerekli olan hammaddenin tesise taşınmasından kaynaklanan maliyeti toplayarak hesaplama yapması gereklidir. Tesis yeri seçimi için tesis binasının konumlandırılmasında katlanılacak maliyet de tesisin kurulma aşamasında göz önüne alınması gereken maliyetlerden birisidir. Teşvik tedbirleri, devlet politikaları, arazi özellikleri, iklim koşulları gibi daha birçok faktör tesis yatırım maliyetlerini etkiler. Bu nedenle alternatif

olarak belirlenen her tesis yeri için yatırım maliyetleri hesaplanarak modele eklenmesi karar vericiye oldukça önemli bir destek sağlamaktadır. Yatırım maliyeti içerisinde bina yapım maliyeti, üretim için gerekli makine ve teçhizatın taşınması ve kurulması ile ilgili maliyetler, alt yapı ve tesisin yan hizmetleri (yemekhane, sosyal tesis vb. olabilir) için gerekli maliyetlerin tümü hesaplanmalıdır. Nihai ürünün müşterilere taşınmasından oluşacak maliyetin üzerine ürünün üretimi için gereken diğer maliyetlerin de eklenmesiyle ürün taşıma ve üretim maliyetleri tamamen toplanmış olacaktır. Böylece maliyeti minimize etmeyi amaçlayan bir işletme yatırım maliyeti, üretim maliyeti ve taşıma maliyetlerinin tamamını değerlendirmeye aldığı için toplam maliyetlerden büyük oranda tasarruf sağlayacaktır.

Çalışmada önerilen matematiksel modelde işletmelerin öncelikli maliyetleri ele alınmıştır. Bu model ile, belirlenen her bir alternatif tesis yeri için; gerekli hammaddeyi satınalma ve tesise taşıma maliyetleri, üretim maliyetleri ve nihai ürün taşıma maliyetleri ile yatırım maliyetleri toplandığında en düşük maliyete sahip ve tüm kısıtları sağlayan alternatif yer(ler) tesis yer(ler)i olarak seçilecektir.

Bu çalışmada önerilen matematiksel model Daskin (1995) tarafından yapılan sınıflandırmada yer alan çok sayıda tesis yeri seçimi modelini kapsayan ve genelleştiren bir yapıdadır. Örneğin, bu çalışmada önerilen matematiksel modelde N^k parametre değeri (herhangi bir ürün için) 1 olarak alındığında tek konumlu, 1'den büyük bir sayı olarak alındığında ise çok konumlu tesis yeri seçimi modeli elde edilebilmektedir. Yine aynı şekilde, K parametre değeri 1 olarak alındığında tek ürünlü, 1'den büyük bir sayı olarak alındığında ise çok ürünlü tesis yeri seçimi modeli elde edilebilmektedir. Ayrıca, bu çalışmada önerilen matematiksel modelde gerek hammadde kaynaklarının gerekse tesislerin kapasiteleri a_i^k ve p_h^k parametreleri ile sınırlandırılmış (kapasite kısıtlı) olmakla

birlikte bu parametrelerin değeri çok büyük bir sayıya (veya sonsuza) eşitlenerek kapasite kısıtsız bir tesis yeri seçimi modeli elde etmek de mümkündür. Öte yandan bu çalışmada önerilen matematiksel model kesikli, statik ve deterministik bir yapıda olması nedeniyle Daskin (1995) tarafından yapılan sınıflandırmada yer alan sürekli, dinamik ve probabilistik tesis yeri seçimi modellerini kapsayamamaktadır. Ancak, aday tesis yerlerinin sayısı artırılarak sürekli modellere, modele zaman boyutunu ifade eden bir t indeksi eklenerek dinamik modellere, parametre değerlerinin beklenen değerleri kullanılarak ise probabilistik tesis yeri seçimi modellerine ulaşmak ve dolayısı ile bu tür modelleri de kapsam içerisine almak mümkündür. Fakat bu çalışmada önerilen matematiksel model, maliyet minimizasyonu yerine talebi karşılanan pazar sayısının maksimizasyonunu amaçlayan ve diğer tesis yeri seçimi modellerinden çok farklı bir yapıda olan maksimum kaplama problemlerini modelleyebilme yeteneğinden tamamen yoksundur.

Türkiye ve yurt dışı literatüründe tesis yeri seçimi konusunda pek çok çalışma olmakla birlikte matematiksel modellerin genelleştirilerek bir araya getirildiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu özelliği ile bu çalışma literatüre zgn bir değer katabilmektedir.

Bundan sonra gerçekleştirilecek çalışmalarda tesis yeri seçimi problemlerinin çözümü için geliştirilen çözüm yaklaşımları verilen model üzerinde uygulanarak model test edilebilir. Ayrıca nerilen modelin kapsayamadığı modeller olan sürekli, dinamik ve probabilistik modeller ile karşılanan talep miktarını maksimize etmeyi veya tesis ile talep merkezi arasındaki mesafeyi minimize etmeyi amaçlayan modeller için de aynı Şekilde neriler yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Arabani, B. A., & Farahani, R. Z. (2012). Facility location dynamics: An overview of classifications and applications. *Computers & Industrial Engineering*, 62, 408-420.
- Ayan, T. Y. (2008). Sabit maliyetli ulaştırma problemi için bir genetik algoritma. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10 (1), 97-116.
- Baiou, M., & Barahona, F. (2011). On the linear relaxation of the p – median problem. *Journal of Discrete Optimization*, 8, 344-375.
- Balakrishnan, J., & Cheng, C. H. (1998). Dynamic layout algorithms: a State-of-the-art Survey. *Omega International Journal of Management Science*, 26 (4), 507-521.
- Balinski, M. L. (1965). Integer programming: methods, uses, computation. *Management Science*, 12 (8), 253-313.
- Barutçugil, İ. S. (1988). *Üretim sistemi ve yönetim teknikleri*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Yayınları.
- Bastı, M. (2012). P-medyan tesis yeri seçim problemi ve çözüm yaklaşımları. *Online Academic Journal of Information Technology*, 3 (7), 48-75.
- Başkaya, Z. (2005). *Tamsayılı programlama algoritmaları ve bilgisayar uygulamalı problem çözümleri*. Bursa: Ekin Kitabevi
- Bresnev, V. (2013). Branch – and – bound algorithm for a competitive facility location problem. *Computers & Operations Research*, 40, 2062-2070.
- Cemalcılar, İ., Bayar, D., Aşkun, İ. C. & Özalp, Ş. (1993). *İşletmecilik bilgisi*. (Revizyon Baskı). Eskişehir: İşitme Özürlü Çocuklar Eğitim ve Araştırma Vakfı

- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2006). *Operations management for competitive advantage*. (Rev. Ed.). New York: McGraw - Hill Company
- Chen, C. H., & Ting, C. J. (2008). Combining lagrangian heuristic and ant colony system to solve the single source capacitated facility location problem. *Transportation Research Part E*, 44, 1099-1122.
- Church, R., & Reville, C. (1974). The maximal covering location problem. *Papers of the Regional Association*, 32 (1), 101-118.
- Çalışkan, E. (2008). *Kapasitesiz tesis yeri seçimi problemi için karınca kolonisi en iyilemesi algoritmasına dayalı sezgisel bir yaklaşım*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Çavuş, Ö. (2007). *Capacitated facility location problem with customer and facility differentiation*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- Daskin, M. S. (1995). *Network and discrete location models, algorithms and applications*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Daskin, M. S. (2008). What you should know about location modeling. *Naval Research Logistics (NRL)*, 55 (4), 283-294.
- Daskin, M. S., Hopp, W. J., & Medina, B. (1992). Forecast horizons and dynamic facility location planning. *Annals of Operations Research*, 40, 125-151.
- Demir, H. & Gümüőğlu, Ş. (2009). *Üretim yönetimi (işlemler yönetimi)*. (Revizyon Baskı). İstanbul: Beta Basım
- Demircioğlu, O. (2010). *Tesis yeri seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinin karşılaştırılması*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.

- Dorigo, M., & Blum, C. (2005). Ant colony optimization theory: a survey. *Theoretical Computer Science*, 344, 243-278.
- Dorigo, M., Birattari, M., & Stützle T. (2006). Ant colony optimization artificial ants as a computational intelligence technique. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 1 (4), 28-39.
- Dorigo, M., Caro, G. D, & Gambardella, L. M. (1999). Ant algorithms for discrete optimization. *Artificial Life*, 5 (2), 137-172.
- Drezner, Z., & Hamacher, H. W. (Eds.). (2003). *Discrete network location models*. (Rev. Ed.). New York: Springer – Verlag
- Dupont, L. (2008). Branch and bound algorithm for a facility location problem with concave site dependent cost. *International Journal of Production Economics*, 112, 245-254.
- Erkut, E., & Neuman, S. (1989). Analytical models for locating undesirable facilities. *European Journal of Operational Research*, 40, 275-241.
- Evans, J. R., Anderson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (1990). *Applied production and operations management*. (Rev. Ed). St. Paul: West Publishing Company
- Galvao, R. D., & Reville, C. (1996). A lagrangean heuristic for the maximal covering location problem. *European Journal of Operational Research*, 88, 114-123.
- Garett, L. J., & Silver, M. (1973). *Production management analysis*. (Rev. Ed.). New York: Harcourt Brace Jovanovich Inc
- Goss, S., Aron, S., Deneubourg, J. L., & Pasteels, J. M. (1989). Self - Organized shortcusts in the argentine ant. *Naturwissenschaften*, 76 (12), 579-581.
- Gökçen, H. (2006). *Yönetim bilgi sistemleri*. Ankara: Palme Yayıncılık

- Gülerman, A. (1978). *Fabrika tesisleri ve organizasyonu*. İzmir: Ege Üniversitesi Tekstil Fakültesi Yayınları
- Güner, A. R. (2006). *A continuous and a discrete particle swarm optimization algorithm for uncapacitated facility location problem*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Fatih Üniversitesi, İstanbul.
- Güvemli, O. (1985). *Yatırım projelerinin düzenlenmesi ve değerlendirilmesi yapılabirlik raporu esasları*. İstanbul: Uluslararası Araştırmalar ve Yayıncılık Ltd. Şti. Yayınları
- Hakimi, S. L. (1963). Optimum locations of switching centers and the absolute centers and medians of a graph. *Operations Research*, 12 (3), 450-459.
- Holmes, J., Williams, F. B., & Brown, L. A. (1972). Facility location under a maximum travel restriction: an example using day care facilities. *Geographical Analysis*, 4 (3), 258-266.
- İşçi, Ö., & Korukoğlu, S. (2003). Genetik algoritma yaklaşımı ve yöneylem araştırmasında bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 10 (2), 191-208.
- Karalar, R. (2005). *Genel işletme*. Eskişehir: Yorum Matbaası
- Klose, A., & Drexl, A. (2005). Facility location models for distribution system design. *European Journal of Operational Research*, 162, 4-29.
- Kobu, B. (2003). *Üretim yönetimi*. (Revizyon Baskı). İstanbul: Avcıol Basım
- Koopmans, T. C., & Beckmann, M. (1957). Assignment problems and the location of economic activities. *Econometrica*, 25 (1), 53-76.
- Korkut, D., Doğan, A. & Bekar, İ. (2010). Tesis yeri seçimini etkileyen faktörlerin düzce ili açısından değerlendirilmesi. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 6 (1), 32-39.

- Kuby, M. (1989). A location-allocation model of Lösch's central place theory: Testing on a uniform lattice network. *Geographical Analysis*, 21 (4), 316-337.
- Kuby, M. J. (1987). Programming models for facility dispersion: the p-dispersion and maximum dispersion problems. *Geographical Analysis*, 19 (4), 315-329.
- Kulluk, S., & Türkbey, O. (2004). Tesis yerleşimi problemi için bir genetik algoritma. *Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi, Adana, 14*, 154-156
- Küçükaydın, H., Aras, N., & Altınel, İ. K. (2010). Çift düzeyli bir rekabetçi tesis yer seçimi problemi için tabu arama sezgiseli. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 23 (1), 28-39.
- Lazic, N., Frey, B. J., & Aarabi, P. (2010). Solving the uncapacitated facility location problem using message passing algorithms. Neil Lawrence (Ed.), *International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS): 13, The Journal of Machine Learning Research (JMLR) Workshop and Conference Proceedings* (ss. 429-436). İtalya: University of Toronto.
- Love, R. F., & Dowling P. D. (1989). Technical note-a generalized bounding method for multifacility location models. *Operations Research*, 37 (4), 653-657.
- Love, R. F., Morris, J. G., & Wesolowsky, G. O. (1988). *Facilities location models and methods*. New York: North - Holland
- Maric, M. (2010). An efficient genetic algorithm for solving the multi – level uncapacitated facility location problem. *Computing and Informatics*, 29, 183-201.
- Mercan, B. & Halıcı, N. (2007). Social capital as a soft factor in facility location planning. *Journal Of Global Strategic Management*, 1, 36-43.

- Mucuk, İ. (2005). *Modern İşletmecilik*. (Revizyon Baskı). İstanbul: Türkmen Kitabevi
- Müftüoğlu, M. T. (1983). *Sanayi işletmelerinde kuruluş yeri seçimi ve ölçek sorunu*. Ankara: Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Yayınları.
- Müftüoğlu, M. T. (2003). *İşletme iktisadı*. (Revizyon Baskı). Ankara: Turhan Kitabevi
- Nezhad, A. M., Manzour, H., & Salhi, S. (2013). Lagrangian relaxation heuristics for the uncapacitated single-source multi-product facility location problem. *International Journal of Production Economics*, 145, 713-723.
- Osleeb, J. P., & Ratick, S. J. (1990). A dynamic location-allocation model for evaluating the spatial impacts for just-in-time planning. *Geographical Analysis*, 22 (1), 50-69.
- Owen, S. H., & Daskin M. S. (1998). Strategic facility location: A review. *European Journal of Operational Research*, 111, 423-447.
- Özcan, E. (2005). *Mobilya endüstrisinde tesis planlama teknikleri ve uygulaması (madeş örneği)*. Yayımlanmamış yüksek mühendislik tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak
- Özdamar, İ. (2007). Tesis yeri seçiminde görünmeyen maliyetlerdeki eğilimin belirlenmesinde kullanılan bir yaklaşım. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2, 128-133.
- Özdemir, Y. S. (2008). *Karınca kolonisi algoritması ile bilgisayar ağlarının topolojik en iyilenmesi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Başkent Üniversitesi, Ankara
- Özer, S. (2005). *Mermer fabrikaları için en iyi tesis yeri seçimi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir

- Pasricha, R., & Wadhwa, V. (2011). Optimizing facility location problem using genetic algorithm. *International Journal of Computer Science Telecommunications*, 2 (3), 13-15.
- Plastria, F. (2000). Static competitive facility location: An overview of optimisation approaches. *European Journal of Operational Research*, 129, 461-470.
- Revelle, C. S., Eiselt, H. A., & Daskin, M. S. (2008). A bibliography for some fundamental problem categories in discrete location science. *European Journal of Operational Research*, 184, 817-848.
- Righini, G. (1995). A double annealing algorithm for discrete location/allocation problems. *European Journal of Operational Research*, 86, 452-468.
- Rolland, E., Schilling, D. A., ve Current J. R. (1996). An efficient tabu search procedure for the p – median problem. *European Journal of Operational Research*, 96, 329-342.
- Sarıaslan, H. (2010). *Yatırım projelerinin hazırlanması ve değerlendirilmesi, planlama-analiz-fizibilite*. Ankara: Turhan Kitabevi
- Sezen, H. K. (2007). *Yöneylem araştırması*. (Revizyon Baskı). Bursa: Ekin Kitabevi
- Snyder, L. V. (2006). Facility location under uncertainty: a review. *IEE Transactions*, 38 (7), 547-564.
- Su, B. A., & Aslan, D. (1990). *Tesis planlama*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Yayınları
- Sule, D. R. (2001). *Logistics of facility location and allocation*. New York: Marcel Dekker Inc.
- Sun, M. (2006). Solving the uncapacitated facility location problem using tabu search. *Computers & Operations Research*, 33, 2563-2589.

- Şahin, G., & Süral H. (2007). A review of hierarchical facility location models. *Computers & Operations Research*, 34, 2310-2331.
- Tavakkoli, R., & Shayan, E. (1998). Facilities layout design by genetic algorithms. *Computers & Industrial Engineering*, 35 (3), 527-530.
- Tekin, M. (2011). *İşletme bilimi*. (Revizyon Baskı). Konya: Günay Ofset
- Tekin, M. (2012). *Üretim yönetimi cilt 1*. (Revizyon Baskı). Konya: Günay Ofset
- Tenker, L., & Osmanoğlu, İ. (1967). *İktisadi kalkınma projeleri için el kitabı*. Ankara: Ayyıldız Matbaası
- Teo, Y. K. (2011). *Improving healthcare facility locations in bamyán, Afghanistan*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Naval Postgraduate School, California.
- Toregas, C., Swain, R., Reville, C., & Bergman, L. (1971). The location of emergency service facilities. *Operations Research*, 19 (6), 1363-1373.
- Türk Sanayici ve İşadamları Derneği, (1991). *21. yüzyıla doğru türkiye: geleceğe dönük bir atılım stratejisi*. İstanbul: Türk Sanayici ve İşadamları Derneği Yayınları
- Tüzmen, S. (2010). *Türkiye’de akaryakıt istasyonu yer seçimine çok amaçlı bir yaklaşım*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- Ulutaş, B. (2008). *Dinamik yerleşim probleminin çözümü için bir klonal seçim algoritması ve uygulamaları*. Yayınlanmamış doktora tezi, Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir
- Üreten, S. (2006). *Üretim/işlemler yönetimi stratejik kararlar ve karar modelleri*. (Revizyon Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi
- Wesolowsky, G. O., & Truscott, W. (1975). The multiperiod location-allocation problem with relocation of facilities. *Management Science*, 22 (1), 57-65.
- Yılmaz, C., & Eleren, A. (Ed.). (2011). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: Lisans Yayıncılık,

Yüksel, H. (2010). *Üretim/işlemler yönetimi temel kavramlar*. (Revizyon Baskı). Ankara:

Nobel Yayın Dağıtım