

T.C.

BEYKENT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**İTFAİYENİN BEŞİKTAŞ, ŞİŞLİ, BEYOĞLU
İLÇELERİNDE YANGINA MÜDAHALE
SÜRELERİNİN OPTİMİZASYONU**

(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:

Mehmet Cahit YARDIMCI

İstanbul, 2016

T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI

**İTFAİYENİN BEŞİKTAŞ, ŞİŞLİ, BEYOĞLU
İLÇELERİNDE YANGINA MÜDAHALE
SÜRELERİNİN OPTİMİZASYONU**
(Yüksek Lisans Tezi)

Tezi Hazırlayan:
Mehmet Cahit YARDIMCI

Öğrenci No:
140792021

Danışman:
Yrd. Doç. Dr. Sabahattin Kerem AYTULUN

İstanbul, 2016

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “İtfaiyenin Beşiktaş, Şişli, Beyoğlu İlçelerinde Yangına Müdahale Sürelerinin Optimizasyonu” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmamın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Mehmet Cahit YARDIMCI



T.C.
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SAVUNMA SINAVI SONUÇ TUTANAĞI

Beykent Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen yüksek lisans öğrencisi 140892021 no'lu Mehmet Cahit YARDIMCI'nın 16/05/2016 tarihinde yapılan tez savunma sınavı¹ sonucunda..90 dakika süreyle sunduğu ve savunduğu tezi hakkında² oybirliği / oyçokluğu ile, **BAŞARILI** kararı verilmiştir.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

Anabilim Dalı :Endüstri Mühendisliği
Programı :Endüstri Mühendisliği
Tez Başlığı³ :İtfaiyenin Beşiktaş, Şişli, Beyoğlu İlçelerinde Yangına Müdahale Sürelerinin Optimizasyonu

Tez Sınav Jürisi

Öğretim Üyesi

İmza

Danışman : Yrd. Doç. Dr. S. Kerem AYTULUN
Üye : Yrd. Doç. Dr. Gül Tekin TEMUR ARSLAN
Üye : Yrd. Doç. Dr. Sezgin KILIÇ



¹ Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç bir ay içinde toplanarak öğrenciyi tez savunma sınavına alır. Belirlenen günde yapılamayan jüri toplantısı, katılanların hazırladığı bir tutanakla enstitü yönetimine bildirilir. Bu durumda jüri en geç onbeş gün içinde toplanarak adayı tez savunma sınavına alır. Tez savunma sınav süresi en az 45 dakikadır. Yüksek lisans tez savunma sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru-yanıt bölümlerinden oluşur ve dinleyiciye açıktır. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-3)

² Tez sınavının tamamlanmasından sonra jüri, tez hakkında “kabul”, “düzeltme” veya “red” kararı verir. Jüri başkanı, jüri üyelerince imzalanmış sınav tutanağını, tez sınavını izleyen üç gün içinde ilgili enstitü yönetimine teslim eder. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç üç ay içinde gerekli düzeltmeleri yaparak ve yönetmelikte belirtilen usullere uygun olarak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. (Beykent Lisansüstü eğitim ve Öğretim Yönetmeliği-Madde30-4)

³ Heride doğabilecek aksaklıkların engellenmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

İTFAİYENİN BEŞİKTAŞ, ŞİŞLİ, BEYOĞLU İLÇELERİNDE YANGINA MÜDAHALE SÜRELERİNİN OPTİMİZASYONU

Hazırlayan: **Mehmet Cahit YARDIMCI**

ÖZET

Yangın gibi, acil müdahale gerektiren afetlerde, olay yerine varış süresi, hayati önem taşımaktadır. İtfaiye istasyonlarının konumları, muhtemel yangın alanlarına ne kadar yakın ise, yangına varış süreleri, o derece azalır. Bu çalışmada amaç: İstanbul ili; Beşiktaş, Şişli, Beyoğlu ilçe itfaiyelerinin yangına müdahale sürelerini, belirli bir sürenin altına indirmektir. Mevcut durum incelendikten sonra, kapsama problemlerine dayalı bir çözüm yaklaşımı kullanılarak, en az istasyon sayısı ile, yangınlara optimum varış süreleri hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yer Seçimi, Tesis Yer Seçim Modeli, Küme Kapsama Problemi, Maksimum Kapsama Problemi, İtfaiye İstasyonu Yer Seçimi

FIRE FIGHTING PROCESSES OPTIMIZATION IN BEŞİKTAŞ, ŞİŞLİ BEYOĞLU

Presented by: **Mehmet Cahit YARDIMCI**

ABSTRACT

In disasters required urgent intervention such as fire, reaching the scene is vital. The more the location of fire station is close to the fire scene, the more the time of reaching the scene is short. The aim of this study is to reduce the amount of time while reaching the fire scene below a certain point in the fire stations of Beşiktaş, Beyoğlu and Şişli districts in Istanbul province. After examining the current situation, the optimum arrival duration with the least number of stations is calculated via using an approach based on inclusion problem.

Key Words: Site Selection , Facility Location Model, Set Covering Problem, Maximum Covering Problem, Fire Stations Location

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No.
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ	vi
KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. İTFAİYE VE AFET YÖNETİMİ	3
2.1. İtfaiyenin Tarihi	3
2.2. İtfaiyenin Tanımı	5
2.3. İtfaiyenin Görevleri	6
2.4. İtfaiye ve Zaman	7
2.5. Yangın	8
2.6. İstanbul İtfaiyesi	9
2.7. Dünya’da Gelişmiş İtfaiye Organizasyonları	16
3. TESİS YER SEÇİMİNDE KULLANILAN PROBLEMLER	21
3.1. Tesis Yer Seçimi	21
3.2. Alfred Weber Problemi	25
3.3. P-medyan Problemi	27
3.4. P-merkez Problemi	34
3.5. Maksimum Kapsama Problemi	37
3.6. Küme Kapsama Problemi	38
3.7. Yedek Kapsama Problemi	41
3.8. Karo Kapsama Problemi	42
4. İTFAİYE TESİS YER SEÇİMİLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR	47
5. UYGULAMA	51
5.1. Mevcut Durum	52
5.2. P-Medyan Modeliyle Çözüm Yaklaşımı	55
5.3. Maksimum Kapsama Modeliyle Çözüm Yaklaşımı	57
5.4. Çözüm Modellerinin Karşılaştırılması	59

5.5. Mevcut İstasyonların Eklendiği Çözüm Modeli	61
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	64
KAYNAKÇA	66
EKLER.....	69
EK 1: Bölgeler Arasındaki Mesafeler	69
EK 2: 8.01 Dakikada Birbirini Kapsayan Bölgeler	73
EK 3: Maksimum Kapsama Modeliyle 5 İstasyon Açıldığında, İstasyon Yerleri ..	77
EK 4: Mahalle Adları ve Bölge Numaraları	78
ÖZGEÇMİŞ	



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No.

Şekil.1 Yangınların Çıkış Saatleri (2016)	11
Şekil.2. Aylara Göre Yangınların Dağılımları	13
Şekil.3. Olay Yerine Varış Süreleri.(2011-2015).....	14
Şekil.4. Araç Sayısı (2011-2016)	15
Şekil.5. Weber Tesis Yer Seçim Üçgeni.....	26
Şekil.6. Weber Tesis Yer Seçim Üçgeni Hesaplanması	26
Şekil.7. Örnek Bir P-Medyan Modeli ($n=12$, $p=2$)	29
Şekil.8. Problemin Şebeke Yapısıyla Gösterimi	29
Şekil.9. Bir Tesis Açıldığında (T4)	31
Şekil.10. Tüm Bölgeleri Kapsayan İki Tesis Açıldığında (T4, T3)	32
Şekil.11. P-merkez Problemi İçin Talep Merkezleri	36
Şekil.12. Talep Bölgelerinin Koordinat Düzlemindeki Yerleri	43
Şekil.13. Kapsama Karo Probleminin Şekilsel Gösterimi	46
Şekil.14. İtfaiye İstasyonlarının Google Earth'den Görünüşü	52
Şekil.15. İtfaiye İstasyonlarının Maksimum Kapsama Çözümüne Göre Dağılımı	59
Şekil.16. Yeni İstasyon ve Bölgelerin Atandığı İstasyonlar	63
Şekil.17. Maksimum Kapsama Modeliyle 5 İstasyon Açıldığında, İstasyon Yerleri	77

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No.

Tablo.1. Yangın Neden Olan Kaynaklar (2010-2015, İstanbul).....	8
Tablo.2. Yangınlar (2010-2014)	9
Tablo.3. Yıllara Göre Yangınların Çıkış Saatleri (2015-2016)	10
Tablo.4. Aylara Göre Yangınların Dağılımları (2015-2016).....	12
Tablo.5. Olay Yerine Varış Süreleri (Dakika) (2011-2016).....	14
Tablo.6. Yıllara Göre İstasyon Sayıları (2011-2015).....	15
Tablo.7. Örnek Problem İçin Mesafe Matrisi.....	30
Tablo.8. Uzaklık Matrisi İle En Kısa Sürenin Bulunması (Dakika)	30
Tablo.9. Uzaklık Matrisi İle En kısa 2. Mesafenin Bulunması	31
Tablo.10. Belirlenen Medyan Tesisler.....	31
Tablo.11. Açılan Tesislere, Atanan En Yakın Talep Bölgeleri	32
Tablo.12. P-merkez Açılacak Tesis ve Mesafeleri (uzaklık: dakika)	36
Tablo.13. Küme Kapsama İçin Talep Bölgeleri Arası Süre (Dakika)	39
Tablo.14. İstasyonların Kapsadığı Bölgeler	40
Tablo.15. Talep Bölgelerinin Koordinatları	44
Tablo.16. Bölgelerin Risk Sınıfına Göre Ulaşım Süreleri (Dakika)	49
Tablo.17. Talep ve Tesis Noktaları Arası Uzaklık (Dakika).....	53
Tablo.18. Mevcut Durumda Ortalama Varış Süreleri.....	54
Tablo.19. İtfaiye İstasyonlarının Bölgelere Müdahalesi	54
Tablo.20. P-Medyan Çözümünde Talep Bölgelerini İstasyonlara Atama.....	55
Tablo.21. Seçilen İstasyon Yerlerinin Kapsadıkları Bölgeye Ortalama Müdahale Süresi (Dakika).....	56
Tablo.22. 5 Dakikanın Altında Hizmet Alan Talep Bölgelerinin Matrisi.....	58
Tablo.23. P-Medyan, Maksimum Kapsama Modeli ve Mevcut Durum Karşılaştırması.....	60
Tablo.24. Mevcut İstasyonlara Yeni Bir İstasyon Eklendiğinde	62
Tablo.25. Bölgeler Arasındaki Mesafeler (Dakika).....	69
Tablo.26. 8.01 Dakikada Birbirini Kapsayan Bölgeler	73
Tablo.27. Mahalle Adları ve Bölge Numaraları	78

KISALTMALAR

- AHY** : Analitik Hiyerarşik Yöntem
APK : Araştırma, Planlama, Koordinasyon
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemleri
İBB : İstanbul Büyük Şehir Belediyesi
STK : Sivil Toplum Kuruluşları



1. GİRİŞ

Artan nüfus ve gelişen teknoloji ile beraber, insanların tüketim alışkanlıkları geçmiş yüzyıllara göre karşılaştırılmayacak şekilde fazlalık göstermektedir. Bu yüksek talep ve işletmelerin çoğalması, işletmeler arası rekabete neden olmaktadır. Maliyetlerin büyük bir bölümünü, lojistik faaliyetleri oluşturmaktadır. Bunun yanında müşterilerin ürünlere hemen ulaşmak istemeleri, tesis yer seçim problemini çok önemli hale getirmektedir. İyi bir tesis yeri, maliyetlerde önemli düşüslere neden olmanın yanında, pazara olan hakimiyeti ile, müşteri memnuniyeti sağlamaktadır.

Özel işletmelerde kârlılık ön plandayken, kamu sektöründe daha çok hizmet ön plandadır. Bu da tesis yer seçim kriterlerini farklılaştırmaktadır. Özel sektörün daha yoğunlukla yaptığı yer seçim çalışmalarına, son zamanlarda kamu sektöründe de sıklıkla rastlamaktayız; hastane, okul, askeri tesis yapımında tesis yer seçim modellerinin kullanıldığını görmekteyiz.

Acil durum gerektiren hizmetlerde, olay yerine varış süresi hayati önem taşımaktadır. Yeni başlayan bir yangına, ne kadar kısa zaman da ulaşılırsa, hem söndürme süresi, hem de can ve mal kaybı o derece az olur. Bu nedenle acil hizmet veren kuruluşların, hizmet verdikleri bölgede, tüm bölgeye en hızlı şekilde müdahale etmesi beklenir. Bu da, bu kurumların kurulacakları yeri, çok önemli hale getirmektedir.

Bu çalışmada Beşiktaş, Şişli, Beyoğlu'nda bulunan itfaiye birimlerinin bu bölgede yangına müdahale sürelerini optimize etmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın ikinci kısmında itfaiye ve afet yönetimi hakkında bilgiler verilmiştir. İtfaiyenin görevleri üzerinde durulmuştur. Bu bölümde İstanbul İtfaiyesi

ve Dünya’da bulunan gelişmiş itfaiye teşkilatları hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde ise tesis yer seçim problemlerinin sınıflandırılması üzerinde durulmuştur. İtfaiye tesis yer seçiminde kullanılabilecek modeller irdelenmiş ve bunların itfaiye tesis yer seçimine nasıl uyarlanabileceği incelenmiştir. Dördüncü bölümde itfaiye tesis yer seçimi ile ilgili gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiştir. Beşinci bölümde elde bulunan veriler kullanılarak, itfaiyenin bu bölgedeki durumu incelenmiş, matematiksel modeli kurulmuştur. Daha sonra çözüm yaklaşımları üzerinde durulmuştur. Hangi çözüm modelinin, optimum çözümü verdiği bulunmuştur. Son bölümde ise sonuçlar değerlendirilip, önerilerde bulunulmuştur.



2. İTFAİYE VE AFET YÖNETİMİ

2.1. İtfaiyenin Tarihi

Roma döneminde (m.s 6.yy'da) yangın aletleri için İmparator Ogüst bir bina tahsis ederek, itfaiyenin ilk resmi teşkilatını kurmuştur. Bu teşkilatın yapısı; bir itfaiye komutanının emri altında, şehrin çeşitli mahallelerinde devriye gezen yedi itfaiye mangasından oluşmaktadır. Şehrin çeşitli yerlerinde, acil durumlarda halkın kullanımına müsaade edilen; kova, sırık, merdiven ve balta gibi aletler bulunduruluyordu. Bu aletler ve birlikler Neron zamanında fazlaştırılmış ve büyük Roma yangınından sonra su taşıyan bir alet için çalışmalar yapılmıştır. Bunun sonucu olarak; tulumba ortaya çıkmıştır. Her mahalleye bir tulumba bırakılarak, yangınlara daha hızlı müdahale edilmiştir.

12.yüzyılda Avrupa'da yangınların artmasıyla, Paris'te şehirlerin yangından korunmasıyla ilgili ilk (decreti governativi) hükümet kararnamesi çıkmıştır. Bununla birlikte 1254'te Paris'te "burjuva devriyesi" kurulmuştur. Bunların yarısı burjuva diğer yarısı gönüllü polislerden oluşmaktaydı. (Mimarlar Odası Ankara Şubesi, 2003).

İstanbul'da itfaiyecilik 1509 yılındaki depremden sonra, evlerin ahşaptan yapılmasıyla, ortaya çıkan büyük çaplı yangınlardan sonra başlamıştır. Padişah III. Murad'ın 12 Mart 1579 tarihindeki fermanıyla herkesin evinin damına kadar uzanan bir merdiven ve bir fiçı su bulundurması mecburi tutulmuştur. Bununla birlikte fermanda; herhangi bir yangın vukuu bulduğunda bütün aile bireylerinin, yeniçeriler ve halk yetişinceye kadar el birliği yaparak, yangını söndürmesi zorunlu tutulmuştur. (İBB İtfaiye Daire Başkanlığı, 2016).

İstanbul’da çıkan yangınlar 18. yüzyıla kadar semtlerde kurulmuş olan yeniçeri karakolları ve halk tarafından söndürülmüştür. Daha sonra Lale Devri padişahı olan III. Sultan Ahmet’in vezirlerinden, Damat İbrahim Paşa tarafından yeniçerilere bağlı bir Tulumbacılar Ocağı kurulmuştur. Bu kuruluşun başına Fransız asıllı, sonradan Müslüman olan ve Gerçek Davut ismini almış bir mühendis getirilir. Bu mühendis 1715 yılında yangın tulumbasını yapar. Tüfekhane ve Tophane’de çıkan yangınlarda, bu tulumbalar yangının söndürülmesinde çok faydalı olur.

Yeniçeri Ocağı’nın 1826 yılında II. Mahmut tarafından kaldırılmasıyla birlikte Tulumbacılar Ocağı da kaldırılır. Çıkan küçük yangınları söndürmek için İstanbul halkı semt tulumbaları kurarlar. Fakat 1828 yılında çıkan Büyük Hoca Paşa Yangını çok büyük bir alanın yanmasına neden olur. Bunun üzerine, yangınlarla mücadele için yeni bir teşkilatın kurulmasına gerek duyulmuştur. Askerlerden oluşan Yangın Taburu adı altında yeni bir itfaiye teşkilatı kurulmuştur. Abdülaziz döneminde Belediye Daireleri kurulunca, bu dairelere birer itfaiye birimi bağlanır ve itfaiyeciler “Daireliler” diye anılmaya başlanırlar.

1871 yılında çıkan Büyük Beyoğlu Yangını, bu birimlerin yetersizliklerini ortaya çıkarır. Padişah Abdülaziz’in isteğiyle Macaristan’dan itfaiyecilik alanında uzman bir subay olan Kont Szeçsenyi getirilerek, paşalık unvanı verilir. Yeni teşkilat için çalışmalara başlanır ve 26 Eylül 1874 tarihinde; dört Nizamiye (Kara), bir Bahriye (Deniz) birliklerinden oluşan bir itfaiye alayı kurulur. Birinci Dünya Savaşı’nda kısmen motorlu araçlarla takviye edilen bu kuruş, İstanbul Büyük Şehir Belediyesi kurulana kadar (25 Eylül 1923) hizmet vermiştir.

Cumhuriyetin ilanından sonra, yangın söndürme görevinin belediyelere ait olduğu karara varılmıştır. 24.06.1923 tarihinde Bakanlar Kurulu kararı ile yangınla mücadele için yeni bir teşkilat kurulması istenmiştir. İstanbul Büyük Şehir Belediyesi’ne teşkilatı oluşturması için üç aylık bir süre verilmiştir. 50.000 lira bütçe

ile işe başlayan İstanbul Büyük Şehir Belediyesi, 30 çeşit araç olarak 25 Eylül 1923 yılında fiilen çalışmaya başlamıştır. İtfaiye bu süreçlerden sonra İstanbul Büyük Şehir Belediyesi çatısı altında 74 yıl müdürlük olarak hizmet vermiştir. Daha sonra 10.10.1997 tarihinden itibaren Belediye Daire Başkanlıkları altında görevini sürdürmeye devam etmiştir. (İBB İtfaiye Daire Başkanlığı, 2016).

2.2. İtfaiyenin Tanımı

İtfaiye sözcüğü Arapça kökenli olup, söndürmek anlamına gelen “itfa etmek” sözcüğünden gelmektedir. Yangını söndürme veya bu işlemi yapan kuruluşa verilen isimdir (Türk Dil Kurumu, 2016). Yangını söndürmekle görevlendirilmiş devlet memurlarına itfaiyeci denir. Bu itfaiyeciler yangın söndürme ile ilgili iyi eğitim almışlardır. İtfaiyenin temelde üç görevi vardır. Sırasıyla bunlar; hayat kurtarma, mal kurtarma, çevreyi korumaktır. Ayrıca sel, deprem gibi doğal afetlerde, çökme, patlama, mahsur kalma ve arama kurtarma olaylarında itfaiye görev yapar. Genel olarak görevi insan ve mal kurtarma olan itfaiye diğer acil servis birimleriyle iletişim içindedir. İtfaiyeciler uzmanlaşmak için uzun bir eğitim programından geçerler. İnsan hayatını kurtarmayla ilgili bir meslek olduğu için, itfaiyeciler sürekli tatbikatlar yaparlar (Wikipedia, 2016).

Bu tanımlara göre itfaiyeciliği aşağıdaki maddelerle açıklayabiliriz.

- Gerekli araç ve gereçlerle olaylara hazırdır.
- İstekte bulunulduğunda, acil durum noktasına belirtilen zamanda ekip göndermeye hazırdır.
- Bulunduğu yerin can ve mal güvenliğini sağlarlar.
- Tatbikat yapar, spor faaliyetleriyle karada, denizde olaylara müdahale edecek fiziki güce sahiptirler.
- Ulaşılması zor bölgelerde bulunan cesetleri çıkartırlar.
- Olay yerine gittiğinde ne yapacaklarını iyi bilir ve bunları hemen uygularlar.

- Karanlık, sisli, dumanlı ortamlarda yangınla mücadele etmesini bilirler.
- Gerekiyorsa, başkaları için hayatını riske atarlar.
- Olaylarla mücadele ederken, mühendislik disipliniyle hareket ederler.
- Olay sonunda rapor tutarlar.
- Önceden oluşturduğu bölge risk haritasına göre, önlemler alırlar.
- Herhangi bir doğal felaket esnasında, acil müdahalenin yapılmasının zor olduğu bölgeler hakkında kentsel dönüşüm yapılması için raporlar tutarlar.
- Diğer ülkelerdeki itfaiye çalışmalarını takip ederler.
- Sivil Toplum Kuruluşları (STK) ve kamu kuruluşları ile paydaş olduklarını bilirler.
- Bölge halkıyla gönüllü çalışmalar yaparlar.
- Kurum kültürünü yaşatan bir kurumdurlar (Berkdemir, 2012).

2.3. İtfaiyenin Görevleri

İtfaiyenin görevlerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- İtfaiye hizmetleriyle ilgili vakıf ve derneklerle işbirliği yapmak, yangın güvenliğini sağlayacak önlemler almak.
- İtfaiyenin kısa, orta ve uzun vadeli planlarını yapmak ve var olan planı geliştirmek.
- Çeşitli nedenlerden dolayı, itfaiye araçlarının giremediği yollarla ilgili gerekli çalışmaları yapmak ve önlemlerin alınması için yetkili kurumlara teklifte bulunmak.
- İtfaiyenin yıllık bütçesinin hazırlanmasında gerekli direktifleri vermek.
- Bulunduğu bölgedeki nüfus artışına göre, gerekli araç gereçlerin alınmasını sağlamak. İhtiyaç doğrultusunda yeni itfaiye istasyonlarının açılmasını talep etmek.
- Çalışanlar arasında işbirliğini sağlamak ve motivasyonlarını korumak.
- İtfaiye teşkilat yapıları ile ilgili araştırma yaparak, gönüllü itfaiyecilik çalışmalarını yürütmek. Eğitim faaliyetlerini sürdürmek.

- İtfaiyeye gelen her projenin kontrolünü yapıp, denetlemek.
- Birimleri arasındaki koordinasyonu sağlamak.
- Ülke içinde ve ülke dışında itfaiye teşkilatlarıyla iletişim sağlayarak, bilgi paylaşımında bulunmak.
- İtfaiyenin araç ve gereçlerini, her zaman kullanıma hazır tutmak.
- Yangınlarla ilgili istatistikler hazırlayarak, halkı bilinçlendirmek.
- İtfaiyecilikle ilgili sorunlarda üst düzey temaslar kurarak çözüm sağlamak.
- Bulunduğu bölge de ki kamu kurum ve kuruluşlarının yangınla müdahale şekillerini belirlemek. Buna uygun protokoller yapmak.
- Personellerini yetiştirmek.
- Personellerinin sicil işlemlerini yapmak (İstanbul Büyük Şehir Belediyesi, 2016).

2.4. İtfaiye ve Zaman

Yangına hızlı müdahale süresi büyük önem taşımaktadır. Çok büyük yangınlar bile zamanında müdahale edildiğinde bir bardak su ile söndürülebilmektedir. İstanbul İtfaiyesi günlük ortalama 25 yangına müdahale etmektedir. Bu sayı, saatte ortalama bir yangına müdahale edildiğini göstermektedir. Türkiye’de günde ortalama 50 yangına müdahale edildiği göz önüne alındığında, İstanbul İtfaiyesinin önemi açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu yangınların büyük felaketlere dönüşmeden söndürülmesinde İstanbul İtfaiyesi’nin hızlı müdahalesi çok etkili olmaktadır (Kılıç, 2010).

2.5. Yangın

Yangın; hava, hareket ve yanıcı maddenin aynı anda birleşmesinden oluşur. Bu üç unsurdan ikisinin hatta üçünün bir araya gelmesiyle bile bazen yangın oluşmayabilir. Bu üç unsuru bir eşkenar üçgene benzetebiliriz. Köşeleri birleşmişse o zaman yangın ortaya çıkar. (Yüksel, 1951) TDK'ya göre yangın: “Zarara yol açan büyük ateş.” (Türk Dil Kurumu, 2016) demektir. Ankara İtfaiyesi El Kitabı'nda ise yangın: “Yanıcı madde, ısı ve oksijenin yeterli miktarda bir araya gelerek oluşturdukları kimyasal reaksiyon” olarak tanımlanmıştır (Ankara Büyük Şehir Belediyesi, 2016). Endüstrinin gelişmesiyle birlikte, birçok neden yangınlara sebep olabilmektedir.

Tablo.1. Yangın Neden Olan Kaynaklar (2010-2015, İstanbul)

Kaynak	Yıl											
	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde
Sigara	8.546	42,6%	13.032	49,3%	12.399	48,7%	13.010	50,5%	9.168	40,1%	5.999	38,4%
Elektrik kontağı	4.567	22,8%	4.771	18,0%	5.012	19,7%	5.133	18,3%	5.360	23,5%	3.917	25,1%
Baca	1.244	6,2%	1.422	5,4%	1.389	5,5%	1.298	5,1%	1.134	5,0%	645	5,2%
Üti, ocak (gazlı dâhil) elektrikli ev aletleri	1.090	5,4%	1.130	4,3%	1.144	4,5%	1.190	4,2%	1.189	5,2%	819	4,8%
Çocukların ateşle oynaması	1.171	5,8%	1.543	5,8%	1.242	4,9%	2.097	5,7%	749	3,3%	743	4,1%
Kasıt(sebebi meçhul)	622	3,1%	985	3,7%	932	3,7%	1.454	3,2%	1.340	5,9%	999	6,4%
Kıvılcım sıçraması	750	3,7%	860	3,3%	865	3,4%	967	3,6%	903	4,0%	646	4,1%
Kızışma (yüksek ısı ile)	561	2,8%	726	2,7%	714	2,8%	677	2,4%	961	4,2%	649	4,2%
Tespit Edilemedi	235	1,2%	564	2,1%	542	2,1%	762	1,6%	830	3,6%	564	3,6%
Parlama (yanıcı sıvı, yemek par. v.b.)	492	2,5%	440	1,7%	395	1,6%	422	1,9%	351	1,5%	186	1,2%
Trafo	245	1,2%	240	0,9%	251	1,0%	202	1,0%	267	1,2%	161	1,0%
Diğer	523	2,6%	731	2,8%	584	2,3%	505	2,3%	596	2,6%	305	2,0%
Toplam	20.046	100%	26.444	100%	25.469	100%	27.717	100%	22.848	100%	15.633	100%

Kaynak: İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İstanbul İtfaiyesi İstatistikler*.

2016 tarihinde www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye:

<http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istatistikler.html> adresinden alındı.

Tablo.1’de 2010-2014 yıllarını kapsayan, beş yıllık dönemde yangınların yaklaşık %45,5’inin sigara, %20,5’inin elektrik kontağı ve %4,8’inin çocukların ateşle oynamasından kaynaklandığını görüyoruz.

Tablo.2. Yangınlar (2010-2014)

Yıl	Yangın (Sayı)									
	Yapısal yangınlar					Yapısal olmayan yangınlar				Genel Toplam
	Konut	Fabrika İşyeri	Diğer Bina	Araç	Toplam	Ot	Çöp	Orman Fundalık	Toplam	
2010	4.815	122	5.922	1.396	12.255	4.333	3.409	49	7.791	20.046
2011	5.394	131	7.012	1.541	14.078	8.115	4.134	117	12.366	26.444
2012	5.129	136	7.069	1.524	13.858	7.442	4.033	136	11.611	25.469
2013	4.902	159	7.853	1.601	14.515	7.969	5.099	134	13.202	27.717
2014	5.261	123	7.869	1.689	14.942	3.008	4.830	68	7.906	22.848

Kaynak: İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İstanbul İtfaiyesi İstatistikler*.

2016 tarihinde www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye:

<http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istatistikler.html> adresinden alındı.

Tablo.2’de ise yangın sayılarının yıllara göre dağılımı verilmiştir. Konut, fabrika, araçlarda çıkan yangınlara: “Yapısal yangınlar” denmektedir. Ot, çöp ve ormanlarda çıkan yangınlara ise: “Yapısal olmayan yangınlar” denmektedir (İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı, 2016).

Yapısal olmayan yangınların, yapısal yangınlara göre daha az olduğu görülmektedir. Fakat yine de olay sayısı olarak çok fazla olduğu görülmektedir. Bu konuyla ilgili bilinç kazandırma çalışmaları yapılmalıdır (İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı, 2016).

2.6. İstanbul İtfaiyesi

İstanbul İtfaiyesi 2016 Şubat ayı sonu itibariyle, 39’u ambulans olmak üzere 761 araç envanterinde bulundurmaktadır. 4183 çalışanla görevini sürdürmektedir. İstanbul’da 100 bin kişiye düşen itfaiyeci sayısı 30 olarak bulunmuştur. Toplamda 117 yangınla mücadele istasyonu bulunmaktadır.

2016 yılına ait yangın çıkış saatleri incelendiğinde (Tablo.3) diğer bina yangınlarının 18.00-23.59 saatleri arasında %15,6 ile en fazla çıkan yangın türü olarak görülmektedir. Diğer bina yangınları 12.00-17.59 saatleri arasında ise %13,2 ile bu saat aralığında en çok çıkan yangınlar olarak görülmektedir. Konut yangınları da bu saat diliminde %12,6 ile yüksek bir orana sahiptir. 06.00-11.59 saatleri arasında yine en çok diğer bina yangınları %8,0 olarak karşımıza çıkmaktadır. 00.00-05.59 saatleri arasında ise diğer saat dilimlerine göre daha az yangın çıkmaktadır. Bu zaman diliminde en yüksek yangın %5,7 ile diğer bina yangınları oluşturmaktadır. İkinci sıra da ise %2,4 ile çöp yangınları gelmektedir.

Bir günü Tablo.3'deki gibi dört zaman dilimine ayırdığımızda, son iki dilimin, yangınların %71,8'ini oluşturduğunu görmekteyiz.

Tablo.3. Yıllara Göre Yangınların Çıkış Saatleri (2015-2016)

Saat / Yıl		Yangınlar															
		Yapısal yangınları								Yapısal olmayan yangınlar						Toplam	
		Konut		Fabrika		Diğer Bina		Araç		Ot		Çöp		Orman Fundalık			
		Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde		
00.00-05.59	2016	73	1,9%	4	0,1%	219	5,7%	41	1,1%	2	0,1%	91	2,4%	0	0,0%	430	11,2%
	2015	161	4,1%	6	0,2%	226	5,9%	58	1,5%	0	0,0%	66	1,7%	1	0,0%	518	13,6%
06:00-11:59	2016	242	6,3%	4	0,1%	308	8,0%	44	1,1%	4	0,1%	53	1,4%	0	0,0%	655	17,0%
	2015	197	5,2%	5	0,1%	312	8,2%	56	1,5%	6	0,2%	90	2,4%	1	0,0%	667	17,5%
12:00-17:59	2016	486	12,6%	9	0,2%	509	13,2%	72	1,9%	19	0,5%	196	5,1%	1	0,0%	1.292	33,6%
	2015	401	10,5%	5	0,1%	531	13,9%	68	1,8%	17	0,4%	203	5,3%	3	0,1%	1.228	32,2%
18:00-23:59	2016	353	9,2%	5	0,1%	601	15,6%	203	5,3%	6	0,2%	302	7,9%	0	0,0%	1.470	38,2%
	2015	377	9,9%	6	0,2%	645	16,9%	109	2,9%	7	0,2%	251	6,6%	2	0,1%	1.397	36,7%

Kaynak: İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İstanbul İtfaiyesi İstatistikler*.

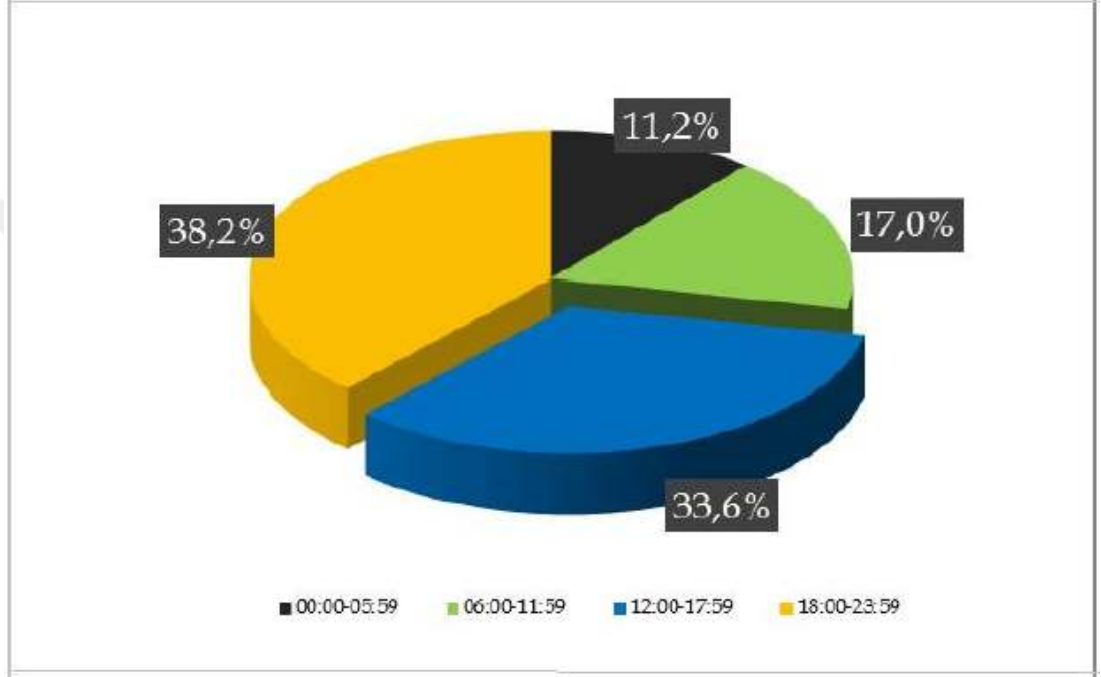
2016 tarihinde www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye:

<http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istatistikler.html> adresinden alındı

Şekil.1'i incelediğimiz zaman yangının %38,2 ile en fazla saat 18.00-23.59 saatleri arasında olduğunu görüyoruz. %33,6'sı ise saat 12.00-17.59 saatleri arasında

gerçekleşmektedir. Bu yangınların büyük bir kısmının konut ve diğer bina yangınlarından oluştuğunu görülmektedir.

Saat 00.00-05.59 saatleri arasında yangın çıkma oranları %11,2 ile günün diğer saat aralıklarına göre en az orandadır. 6.00-11.59 saatleri arasında ise %17,0 ile en az ikinci yangın çıkma oranı görülmektedir.



Şekil.1 Yangınların Çıkış Saatleri (2016)

Kaynak: İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İstanbul İtfaiyesi İstatistikler*. 2016 tarihinde [www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye](http://itfaiye.ibb.gov.tr/sites/itfaiye): <http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istatistikler.html> adresinden alındı

Tablo.4'ü incelediğimizde 2016 yılının Ocak ayında yangın sayıları bir önceki yıla göre toplamda artarken, Şubat ayında ise azalmaktadır. Özellikle taşıt yangınlarının geçen yıla göre arttığı görülmektedir.

Tablo.4. Aylara Göre Yangınların Dağılımları (2015-2016)

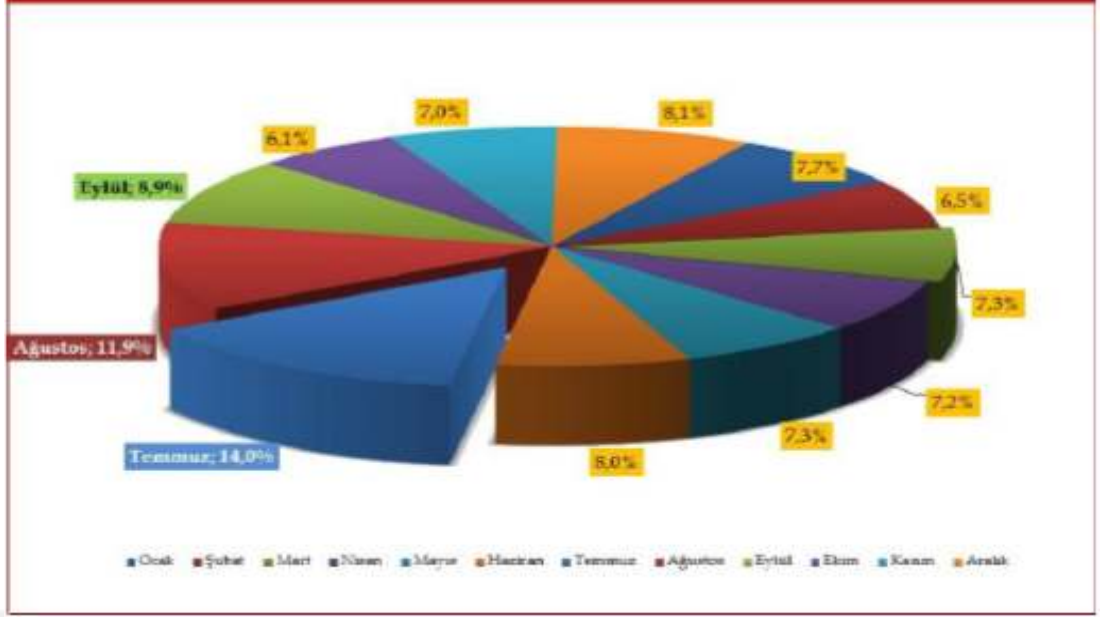
Yıl		Yangınlar																Toplam	
		Yapısal yangınlar								Yapısal olmayan yangınlar									
		Konut		Fabrika		Diğer Bina		Taşıt		Ot		Çöp		Orman Fundalık					
		Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde				
Ocak	2015	601	2,2%	11	0,0%	921	3,4%	169	0,6%	19	0,1%	340	1,3%	4	0,0%	2.065	7,7%		
	2016	640	16,6%	15	0,4%	948	24,6%	196	5,1%	5	0,1%	306	8,0%	0	0,0%	2.110	54,0%		
Şubat	2015	535	2,0%	11	0,0%	793	2,9%	122	0,5%	11	0,0%	270	1,0%	3	0,0%	1.745	6,5%		
	2016	514	13,4%	7	0,2%	689	17,9%	164	4,3%	26	0,7%	336	8,7%	1	0,0%	1.737	45,2%		
Mart	2015	608	2,3%	20	0,1%	776	2,9%	143	0,6%	13	0,0%	406	1,5%	0	0,0%	1.966	7,9%		
	2016																		
Nisan	2015	532	2,0%	10	0,0%	793	2,9%	170	0,6%	34	0,1%	404	1,5%	6	0,0%	1.949	7,2%		
	2016																		
Mayıs	2015	456	1,7%	14	0,1%	748	2,8%	158	0,5%	85	0,3%	512	1,9%	9	0,0%	1.962	7,9%		
	2016																		
Haziran	2015	403	1,5%	14	0,1%	605	2,2%	142	0,5%	538	2,0%	448	1,7%	5	0,0%	2.155	8,0%		
	2016																		
Temmuz	2015	456	1,7%	18	0,1%	724	2,7%	145	0,6%	1.731	6,4%	603	2,2%	94	0,3%	3.771	14,0%		
	2016																		
Ağustos	2015	428	1,6%	17	0,1%	753	2,8%	164	0,6%	1.273	4,7%	466	1,7%	115	0,4%	3.216	11,9%		
	2016																		
Eylül	2015	413	1,5%	11	0,0%	623	2,3%	149	0,6%	729	2,7%	444	1,6%	42	0,2%	2.411	8,9%		
	2016																		
Ekim	2015	436	1,6%	5	0,0%	604	2,2%	166	0,6%	79	0,3%	350	1,3%	0	0,0%	1.640	6,1%		
	2016																		
Kasım	2015	460	1,7%	12	0,0%	710	2,6%	165	0,6%	74	0,3%	462	1,7%	3	0,0%	1.806	7,0%		
	2016																		
Aralık	2015	541	2,0%	14	0,0%	907	3,4%	210	0,8%	10	0,0%	507	1,9%	3	0,0%	2.192	8,1%		
	2016																		

Kaynak: İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İstanbul İtfaiyesi İstatistikler*.

2016 tarihinde www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye:

<http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istatistikler.html> adresinden alındı.

2015 yılının aylara göre yangın dağılımlarına baktığımızda %14 ile en fazla yangının Temmuz ayında çıktığını görmekteyiz. %11,9 ile Ağustos ve %8,9 oranında Eylül ayında yangınların çıktığını görüyoruz. Bu üç ayda sıcaklıkların artmasıyla ot yangınlarının meydana gelmesi, yangınları artırmaktadır. Temmuz-Ağustos-Eylül aylarında çıkan toplam yangınların %39,7'ünü bu ot yangınları oluşturmaktadır. Konut yangınlarının ise yaklaşık %29,7'si Ocak-Şubat-Mart aylarında meydana gelmektedir (İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı, 2016).



Şekil.2.Aylara Göre Yangınların Dağılımları

Kaynak: İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İstanbul İtfaiyesi İstatistikler*. 2016 tarihinde www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye:
<http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istatistikler.html> adresinden alındı.

Tablo.5'i incelediğimizde 2011 yılında yangınlara ortalama varış süresi 06.01 dakika iken 2015'te bu sürenin 05.46 dakikaya indiğini görüyoruz. Bu bize %4,16'lık bir iyileştirmenin olduğunu göstermektedir. 2015 yılının ilk iki ayının yangın varış süresi ortalaması 05.52 dakika iken 2016'da bu süre 05.32 dakikaya gerilemiştir. Bu da bize %5,68'lik bir iyileştirme olduğunu göstermektedir.

Tablo.5. Olay Yerine Varış Süreleri (Dakika) (2011-2016)

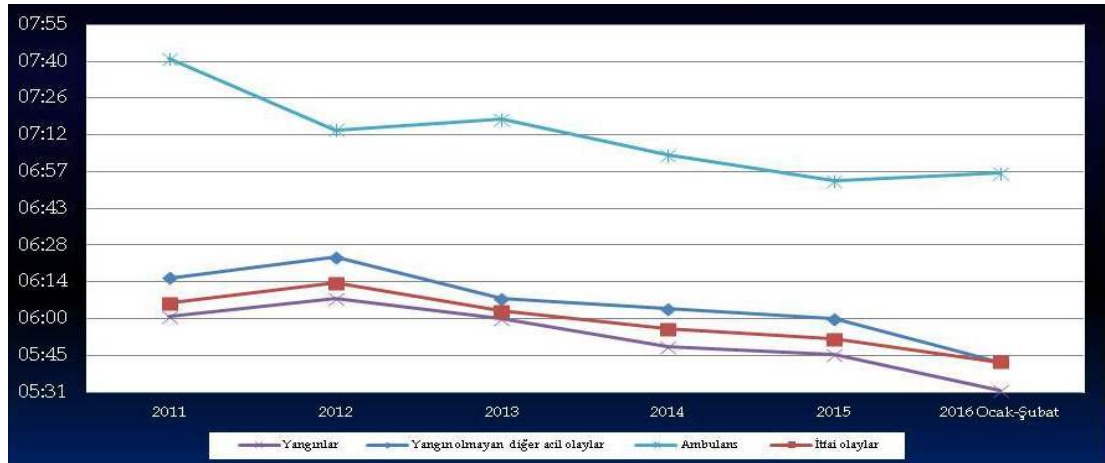
Olay		Yıl											
		2011	2012	2013	2014	2015	2015- Oc-Şubat	2016 -Oc-Şubat	Sayısal Değişim		Oransal Değişim		
									Oc-Şubat 2015 Oc-Şubat 2016	2011 Yılı 2015 Yılı	Oc-Şubat 2015 Oc-Şubat 2016	2011 Yılı 2015 Yılı	
1.	Yangınlar												
1.1	Yapısal yangınlar	05:42	05:51	05:47	05:42	05:40	04:58	04:35	00:23	00:02	-7,72% ↓	-0,58% ↓	
1.2	Yapısal olmayan yangınlar	06:14	06:21	06:14	06:03	05:55	05:16	05:21	00:05	00:19	1,58% ↑	-5,08% ↓	
	Yangınların ortalaması	06:01	06:08	06:00	05:49	05:46	05:52	05:32	00:20	00:15	-5,68% ↓	-4,16% ↓	
2.	Yangın olmayan diğer acil olaylar	06:16	06:24	06:08	06:04	06:00	06:16	05:43	00:33	00:16	-8,78% ↓	-4,26% ↓	
3.	İtfai olayların ortalaması	06:06	06:14	06:03	05:56	05:52	06:17	05:43	00:34	00:14	-9,02% ↓	-3,83% ↓	
4.	Ambulans	07:42	07:14	07:18	07:04	06:54	07:21	06:57	00:24	00:48	-5,44% ↓	-10,39% ↓	

Kaynak: İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İstanbul İtfaiyesi İstatistikler*.

2016 tarihinde www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye:

<http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istatistikler.html> adresinden alındı.

Şekil.3'ü incelediğimizde, 2011'den 2012'ye yangın olaylarına varış süresinin bir miktar arttığını görüyoruz. 2013'te yaklaşık olarak eski durumuna dönen yangın olay yerlerine varış sürelerinin, bu süreçten sonra düzenli bir şekilde 2016'a kadar düştüğünü görüyoruz. İstanbul İtfaiye Dairesi'nin açtığı yeni istasyonlar bu sürelerin düşmesinde etkili olmuştur.



Şekil.3. Olay Yerine Varış Süreleri.(2011-2015)

Kaynak: İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İstanbul İtfaiyesi İstatistikler*.

2016 tarihinde www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye:

<http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istatistikler.html> adresinden alındı.

Tablo.6’da görüldüğü gibi itfaiye istasyonlarının sayıları 2011’de 84’iken bu sayı 2015 yılında 117’e yükselmiştir. Yukarıda da belirtildiği gibi istasyonların sayılarının artması, çalışma alanlarını daralttığı ve toplam mesafeyi azalttığı için, yangın olay yerlerine varış sürelerini azaltmıştır.

Tablo.6. Yıllara Göre İstasyon Sayıları (2011-2015)

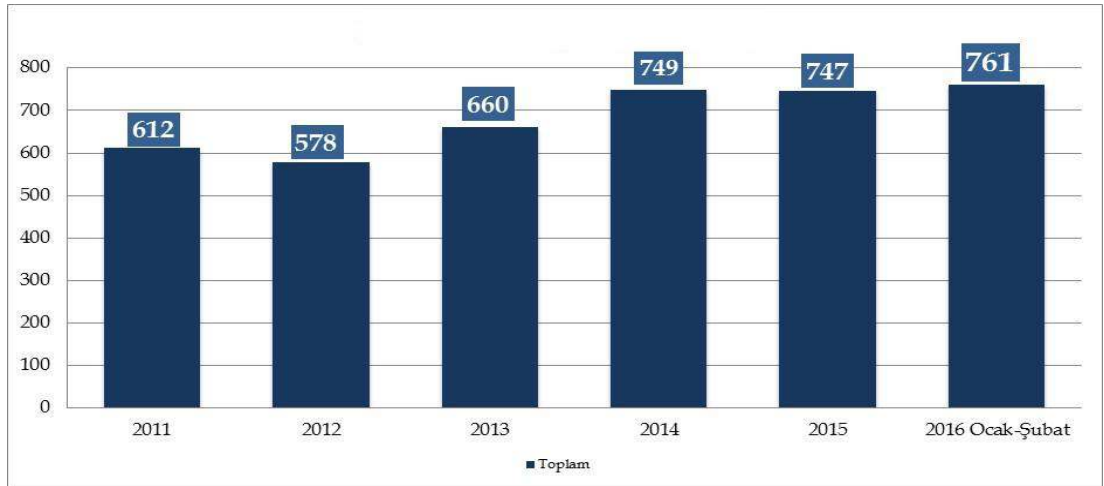
Yıl	İtfaiye İstasyonları(Sayı)			
	Grup	Müfreze	Gönüllü	Toplam
2011	30	52	2	84
2012	30	56	9	95
2013	32	55	21	108
2014	32	60	21	113
2015	32	60	25	117
2015 Ocak-Şubat	32	60	21	113
2016 Ocak-Şubat	32	60	25	117

Kaynak: İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İstanbul İtfaiyesi İstatistikler*.

2016 tarihinde www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye:

<http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istatistikler.html> adresinden alındı.

İstanbul İtfaiyesi’nde 2011 yılında toplam 612 araç varken, 2016 Şubat ayı itibariyle 761 araç bulunmaktadır (Şekil.4).



Şekil.4. Araç Sayısı (2011-2016)

Kaynak: İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İstanbul İtfaiyesi İstatistikler*.

2016 tarihinde www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye:

<http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istatistikler.html> adresinden alındı.

Sonuç olarak İstanbul İtfaiyesi hem istasyon sayısını artırmış hem de araç sayısını artırmıştır. Bu da olay yerlerine varış sürelerinde iyileştirmeye sebep olmuştur.

2.7. Dünya’da Gelişmiş İtfaiye Organizasyonları

Londra İtfaiyesi: Dünyanın üçüncü büyük itfaiyesi olan teşkilat, Londra İtfaiye ve Acil Durum Planlama Dairesine bağlıdır. 7 bin personeli olan Londra İtfaiye teşkilatı, yangın söndürme olaylarının yanı sıra; yangın güvenlik sistemleri kontrolü, acil durum planlama ve yürütme, tehlikeli maddelerin dahil olduğu olaylara müdahale etmek gibi görevleri de yürütmektedir. 1666 Büyük Londra Yangını’ndan sonra, sigorta şirketlerinin büyük maddi kayıplar vermesi sonucunda, kendi itfaiye birliklerini kurmasıyla Londra’da İtfaiyecilik başlamıştır. 1833 yılına geldiğinde Londra İtfaiye Motorlu Araç teşkilatı kurulmuştur. Fakat bu teşkilat 1861 yılında Thames Nehri civarlarında çıkan büyük yangında başarılı olamamıştır. Daha sonra, sigorta şirketlerinin baskısıyla, 1865 yılında Büyükşehir İtfaiye Teşkilat Kanunu kabul edilerek. Büyükşehir İtfaiye Teşkilatı kurulmuştur (Kılıç, 2010).

Londra İtfaiye Teşkilatı her bina için risk değerlendirmesi yaparak; A, B, C, D risk kategorisi olarak, bu binaları sınıflandırmaktadır. Binaların yangına dayanıklı olması, kat sayısı, birbirlerine olan uzaklıkları gibi faktörler göz önüne alınarak, bu değerlendirmeler yapılmaktadır. Yangın ihbarından sonra risk durumuna göre araç gönderilir. Örneğin B risk faktöründe bir ihbar alındığında iki araç gönderilir. Gerektiğinde araçlar artırılabilir. Genelde bu sayılar 4, 6, 8, 10 diye, çift olarak artar. Teşkilat her yıl yaklaşık 50 bin evi gezerek, itfaiye hakkında bilgilendirme yapmaktadır. İtfaiye bazı özel görevlerde ücret talebinde bulunulabilir. Örneğin; yaralanma veya yangın riski taşımayan bir özel işletmenin su alma ihtiyacının karşılanması (Kılıç, 2010).

Londra itfaiyesi 2010 yılı itibariyle, 120 itfaiye istasyonu ile hizmet vermektedir. Sürekli çalışan personel dışında, istasyon yakınlarında bulunan ve ihtiyaç duyulduğunda, çağrı üzerine gelen sözleşmeli veya yarı zamanlı çalışan personelleri de vardır (Kılıç, 2010).

New York İtfaiyesi: Belediye işletmesi olarak dünyanın en büyük itfaiye teşkilatı olan New York İtfaiyesi, itfaiye görevinin yanında acil sağlık hizmetleri de vermektedir. 12 binin üzerinde itfaiye personeli ve 3500'ün üzerinde sağlık personeli bünyesinde bulundurmaktadır. New York İtfaiye teşkilatı coğrafi kolaylıklar açısından beş farklı bölgeye ayrılmıştır. Her bölge de kendi içerisinde dokuz bölüme ayrılmıştır. Bölümler de dört ile yedi adet itfaiye birimine ayrılmıştır. Olaylara müdahale süreleri dört ile beş dakika arasında değişmektedir. Yılda yaklaşık 50 bin yangına, 200 bin acil durum ve 200 bin tıbbi acil durum çağrısına cevap vermektedir (Kılıç, 2010).

New York İtfaiyesi'ne bir çağrı geldiğinde, ilk önce çağrının hangi tür acil durum olduğu, ilk çağrı görevlisi tarafından belirlenir. Bu çağrı yangın ihbarı ise, bilgiler sisteme kaydedilir. Kararı verecek görevli anında bilgisayardan bu bilgileri görür. Karar verici görevli, müdahale boyutunu belirler ve birimleri harekete geçirir. Bu süreçten sonra yetkilendirilen istasyon 30 saniye içerisinde harekete geçmese uyarılır. İlk ihbar çağrısından, görevlendirilmiş istasyon ekibinin hareket etme süresi en fazla iki dakika sürer. Gelen çağrı için, yetkili bölgeye 30 saniye içerisinde ulaşılmasa, başka bölgeye bağlanılır. Acil durum çağrısına 60 saniye içerisinde cevap verilme, bilgisayar otomatik olarak mobilize bir birimi yönlendirir (Kılıç, 2010).

1648 yılında kirli bacalar için kesilen para cezaları ile merdiven, kanca ve kovalar alınmıştır. Şehirde akşam saat 09.00'dan, sabah gün ağarana kadar, nöbet tutan sekiz kişi görevlendirilmiştir. Elleri yangın söndürme malzemeleriyle dolaşarak, yangın gözetlemesi yapmaktadırlar. Teşkilat 1731 yılında İngiltere'den getirilen iki adet pompa ile hizmet vermeye başlar. Beş yıl sonra ilk itfaiye binası yapılır ve ondan sonra ki yıl 30 kişiyle geceli, gündüzlü hizmet vermeye başlamıştır.

Daha sonra 1909'da ilk motorlu taşıt kullanılmaya başlanmış ve 1911 yılında bir şirkette çıkan yangında, 146 işçinin ölmesi, New York İtfaiye Teşkilatı'nda yeni değişiklikler getirmiştir. Bununla birlikte, ilk itfaiye koleji kurulmuştur.

Paris İtfaiyesi: Yangın söndürmenin yanında; ölü kaldırılmasına yardımcı olma, enkaz kaldırma, darda kalmış insanlara yardımcı olma, deniz kazaları gibi olaylara da müdahale etmektedir. Paris İtfaiye istasyonları kendi sorumluluk bölgelerinin dışında, komşu iki bölgenin sorumlu olduğu alandan da sorumludur. İtfaiye istasyonları büyüklüklerine göre “Bölge İtfaiye Merkezleri”, “İtfaiye İstasyonları”, “İtfaiye Müfrezeleri” olarak isimlendirilir. İstasyonlar kendi bölgelerinde yangına en fazla 10 dakika, bölge dışındaki alanlara (kırsal alanlar) ise en çok 20 dakika içerisinde müdahale edilecek şekilde görevlendirilmiştir. Gönüllü itfaiyeciliğin geliştiği Fransa'da tüm ülkede 20 bin itfaiye personeli varken, gönüllü itfaiyeci sayısı 200 bini aşmış durumdadır. Gönüllü itfaiyeciler bağlı bulundukları istasyona en fazla 5 dakika mesafede, kendi işlerini yaparlar. Yangın ihbarı geldiği zaman, istasyona giderler. Bunlar saat başı ücret alırlar. Her istasyon çalıştırdığı tam zamanlı personelin en az üç katı kadar gönüllü personel bulundurur. Fransa askeri itfaiyeciliğe önem vermekte ve 8500 askeri personelden oluşan bir askeri itfaiye teşkilatı da bulundurmaktadır (Kılıç, 2010).

İtfaiye istasyonlarının büyüklüğüne göre askeri personel de bulundurmaktadır. “Bölge İtfaiye Merkezleri” nde 16 itfaiyeci, en az bir yüzbaşı ve üç teğmen bulundurulur. “Bölge İtfaiye İstasyonları” da ise bir yüzbaşı, iki teğmen 12 itfaiyeci hazır bulunur. Müfrezeler de en az bir başçavuş ve üç itfaiyeciden oluşur. Bunlar üç vardiya çalışmaktadırlar.

Paris İtfaiyesi üç kumanda merkezine ayrılmıştır. Günlük ortalama gelen çağrı sayısı 1200'dür. Bunların yaklaşık 50'si yangın çağrısıdır. Toplamda 80 itfaiye istasyonu bulunmaktadır. Paris İtfaiyesi olaylara en geç 10 dakika içerisinde müdahale etmektedir. Bu sürenin 1 dakikası çağrının alınması, 1 dakikası istasyondan çıkış süresi, 6 dakikası olay yerine gidiş süresi, son iki dakikası ise olaya

müdahale edecek personelin araç ve gerecini hazırlaması, olarak kabul edilir (Kılıç, 2010).

Tokyo İtfaiyesi: Yangınla ilgili güvenlik önlemlerinin ve eğitimin iyi verilmiş olması, yangınların Avrupa şehirlerine göre daha az çıkmasını sağlıyor. 100 bin kişiye karşılık gelen yangın sayısı yaklaşık olarak 60'dır. 20 bin itfaiye çalışanı ve 300'den fazla itfaiye istasyonu ile hizmet vermektedir. Yaklaşık olarak 40 bin kişiye bir itfaiye istasyonu düşmektedir. Çok fazla ahşap yapının olması, yangın ihtimalini artırmaktadır. Japonya özellikle yangın verilerini çok iyi saklamakta, her yangın kayıt altına alınarak saklanmaktadır. İtfaiyenin bünyesinde kurulmuş olan kütüphanede yangınlarla ilgili önemli gelişmeler ve bilgiler Japoncaya tercüme edilmektedir. Tokyo Belediyesi'nin bütçesinin %3,5'i Tokyo İtfaiyesi'ne aktarılmaktadır. İtfaiye bu bütçenin %85'ni personellerine diğer kalanı da araç-gereç alımı ve yeni istasyon yapılmasına harcamaktadır (Kılıç, 2010).

Tokyo İtfaiyesi her yıl tüm personelini iki tür değerlendirmeye tabi tutmaktadır. Birinci değerlendirme personelle birebir görüşerek mülakat şeklinde yapılır. İkinci değerlendirme ise personelin amiri tarafından yapılır. Bunların sonucunda personele A, B, C, D veya E notlarından biri verilir. Bunların sonuçlarına göre terfiler yapılır. Personelin bir kademedede belirli bir süre çalışması gerekmektedir. Fakat bulunduğu kademededen belirli bir süreden fazla kalanlar da sınavlardan muaf tutulurlar. Her kademedede minimum kalma süreleri vardır. Er rütbesinde 3 yıl, çavuş rütbesinde 6 yıl, teğmen rütbesinde 4 yıl, yüzbaşı rütbesinde sekiz yıl, yarbay rütbesinde beş yıldır. Çalışanların motivasyonu için ödüllendirme sistemi kurulmuştur. 25 yıl çalışanlar emekli olurlar, fakat istedikleri takdirde 65 yaşına kadar çalışabilirler (Kılıç, 2010).

Tokyo İtfaiyesi 500 hastane ile koordinasyon içindedir. Günde ortalama 1200'den fazla ihbar gelmektedir. Her ihbarı tüm istasyonlar duyar ve hazır bir şekilde beklerler. Tokyo İtfaiyesi aynı zamanda yangın senaryoları üzerinde

alışmaktadır. Örneğin 1923 yılındaki deprem gibi bir deprem olursa, şehrin farklı yerlerinde 300'e yakın yangın olacağı tahmin edilmektedir (Kılıç, 2010).

Tokyo'nun dar sokakları için daha küçük yangın müdahale araçları üretilmiştir. Bunun yanında tüm itfaiye personeli askeri disiplinle hareket etmektedir (Kılıç, 2010).



3. TESİS YER SEÇİMİNDE KULLANILAN PROBLEMLER

3.1. Tesis Yer Seçimi

Tesis yer seçimi işletmeler için genel bir problemdir. İlk olarak 17. yüzyılda Pierre ve Fermat ile Evaglistica Torricelli ve Battista Cavallieri tarafından ileri sürülen öklit uzayı problemi ile ortaya çıktığı bilinmektedir (Farahani, SteadieSeifi, & Asgari, 2009). Resmi olarak ise 1909'da Alfred Weber tek bir deponun birkaç tane müşteri ile aralarındaki uzaklığı nasıl en aza indireceklerini göstermektedir (Owen & Daskin, 1998).

Rekabetin artması, işletmelerin maliyeti düşürmek için yeni yollar araştırmasına neden olmuştur. Bir işletmenin ulaşım maliyetlerini azaltmak ve müşterinin istediği zaman da, hizmet veya ürünü sunması için, tesisin yeri büyük önem teşkil etmektedir. İşletmeler rekabet avantajı sağlamak için, tesis yeri seçimini her açıdan en uygun yerde yapmak istemektedirler. Bu da tesis yer seçimi problemini ortaya koymaktadır.

Literatürde tesis yer seçimi problemini etkileyen, birçok faktör vardır.

Bunlar:

Ürün veya hizmetin özellikleri: “Ürün çabuk bozulabilen bir ürün mü? Yoksa uzun süre dayanıklı mıdır?” gibi sorular, tesisin yerinin belirlenmesinde etkilidir. Ürünün bozulma süresi kısaysa, ona göre pazarın içinde veya yakınında olması önemlidir.

Tesislerin birbirine olan uzaklığı: İşletmeler günümüzde büyük pazarlara girmek istemektedirler. Üretim yeri bir pazar bölgesine yakın olsa bile, diğerlerine

uzak düşmüş olabilir. Tesis yer seçimi problemi, üretilen ürünün, satıldığı tüm pazarlara, aynı mesafede olması için çalışır.

Talep edilen ürün veya hizmetin miktarı: Kapasitesi iyi bir şekilde hesaplanmadan yapılmış bir tesisin, büyütülmesi veya küçültülmesi önemli maliyetlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. İşletme, yeni bir tesis yapmadan önce mutlaka üretim kapasitesini iyi hesaplamalıdır.

Ulaştırma şekli: Ürün maliyeti ve hizmet kalitesi burada çok önemlidir. Ürünün müşterinin eline ulaşma süresi, hizmet kalitesi açısından önemlidir. Bunun sağlanması için hava, deniz veya kara ulaşımının hangisinin seçilmesi gerektiği önem teşkil etmektedir. Seçilen ulaşım türünün, tesisin açılacağı yere olan uzaklığı, maliyetlerde önemli değişiklikler yapmaktadır.

Devlet desteklerinin olası: Teşvik destekleri ve bazı vergilerden muaf olma, işletmeler için maliyetlerin önemli bir kısmının, ek bir çalışma yapmadan ortadan kalkması anlamına gelmektedir. Bu da işletmelerin rekabette bir adım önde olmalarını sağlamaktadır.

Bölgenin işbirliğine uyumlu olması, benzer işi yapan kuruluşların olması veya olmaması: Çalışacak nitelikli insan gücünün olması, işletmeler için en önemli yer seçim kriterleri arasındadır. Bazen işi yapan başka kuruluşların olması, özellikle teknik alt yapı açısından büyük kolaylık sağlamaktadır.

Tedarikçilere olan uzaklık: İşletme paydaşları olan tedarikçilere ne kadar yakınsa, tedarik süresi ve maliyeti o derece azalmaktadır. Tedarikçiler yakın olursa, işletmenin işbirliği kolaylaşır ve ürünlerin kalitesini birlikte geliştirme imkanları artar.

Çevresel faktörler: Çalışanların sosyal ve kültürel ihtiyaçlarını karşılayabilecek ortamların olmaması, işletmenin yeni yatırımlar yapmasını gerektirebilir. Bu da ürün maliyetlerini artırır.

Nasıl bir üretim yapılacağı: Kimyasal atıkların oluşacağı bir üretim yapılacaksa, altyapı incelenmeli. Veya üretim için ne kadar su ihtiyacı olduğu araştırılabilir. Üretimin şekli; farklı ve her bölgede bulunmayan gereksinimler oluşturabilir.

Hammaddeye olan uzaklık: Bozulabilen bir hammadde varsa, bunun ulaşım süreleri hesaplanmalıdır. Ulaştırma giderleri gözden geçirilmelidir.

İşletmenin kapasitesi: İşletmelerin ilk kuruluş maliyetleri çok yüksek olmaktadır. İşletmenin üretim miktarı hesaplanmadan yapılan bir yer seçimi, tesisin yetersiz veya bir bölümünün kullanılmamasına neden olabilir. Bu ikinci ve önemli maliyet veya zararlara neden olabilir.

Tesis yerinin iklimi: Çalışanların sağlığı ve daha verimli çalışması için iklim koşullarının dikkate alınması gerekmektedir. Çok sıcak veya çok soğuk bölgelerde açılan tesislerin, verimli çalışması daha zordur. Üretilen ürünlerin yüksek sıcaklıklara ve fazla soğuklara karşı dayanıklı olması veya olmaması tesis yer seçimi üzerinde etkili olmaktadır.

Güvenlik: Ülkeler için stratejik önemi olan kuruluşların yer seçiminde, güvenlik önemli olabilir. Bunlar önceden araştırılmalı. Bu güvenlik kriterlerini sağlayacak yerler çözüm modeline eklenmelidir.

Kuruluş yeri problemleri birçok şekilde sınıflandırılmıştır. Bunların en yaygın olanları; Owen & Daskin (1998), Klose & Drexl (2005), Arabani & Farahani (2012). Bu üç yöntemin dışında farklı olarak: “Geleneksel ve Çağdaş Yöntemler” de literatürde yer bulmaktadır.

1. Owen & Daskin (1998)

- a. Statik ve Deterministik Modeller
 1. Medyan Problemleri
 2. Kapsama Problemleri
 3. Merkez Problemleri
- b. Dinamik ve Stokastik Modeller
 1. Dinamik Yer Seçim Problemleri
 2. Stokastik Yer Seçim Problemleri

2. Klose & Drexl (2005)

- a. Şebeke Yer Seçim Problemleri
- b. Kapasite Kısıtlı veya Kapasite Kısıtsız Yer Seçim Problemleri

- c. Tek Aşamalı veya Çok Aşamalı Yer Seçim Problemleri
- d. Tek Ürün veya Çoklu Ürün Yer Seçim Problemleri
- e. Talebin Sabit veya Esnek Olduğu Yer Seçim Problemleri
- f. Statik veya Dinamik Yer Seçim Problemleri
- g. Deterministik ve Stokastik Yer Seçim Problemleri
- h. Rotalama Yer Seçim Problemleri

3. Arabani & Farahani (2012)

- a. Statik Yer Seçim Problemleri
 - 1. Kesikli Yer Seçim Problemleri
 - a. Kuruluş Yer Seçim Problemleri
 - b. Karesel Atama Yer Seçim Problemleri
 - 2. Şebeke Yer Seçim Problemleri
 - a. Medyan Yer Seçim Problemleri
 - b. Kapsama Yer Seçim Problemleri
 - c. Merkez Yer Seçim Problemleri
 - d. Ana Dağıtım Üssü Yer Seçim Problemleri
 - 3. Sürekli Yer Seçim Problemleri
 - a. Tek Tesisli Yer Seçim Problemleri
 - b. Çok Tesisli Yer Seçim Problemleri
 - c. Yer Seçim ve Atama Problemleri
- b. Dinamik Yer Seçim Problemleri
 - a. Yer Seçimi Atama Problemleri
 - b. Dinamik Deterministik Yer Seçim Problemleri
 - c. Zamana Bağlı Yer Seçim Problemleri
 - d. Çok veya Tek Periyotlu Yer Seçim Problemleri
 - e. Stokastik ve Bulanık Yer Seçim Problemleri (Ballı, 2014)

4. Geleneksel ve Çağdaş Yer Seçim Problemleri

- a. Geleneksel Yer Seçim Problemleri
 - 1. Kuruluş Yeri Üçgeni
 - 2. Eş Maliyet Eğrileri
- b. Çağdaş Yer Seçim Problemleri

1. Doğrusal Programlama Modeli
2. Karma Tam Sayılı Programlama Modeli
3. Ulaştırma Modeli
4. Dinamik Programlama Modeli
5. Simülasyon Modeli
6. Karşılaştırmalı Modeller

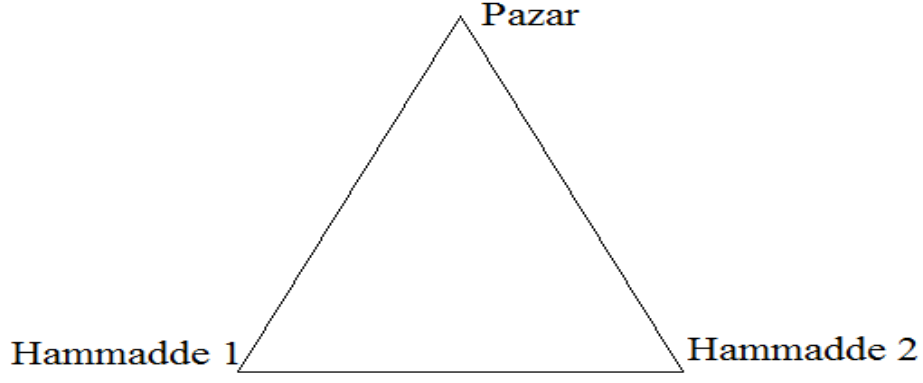
3.2. Alfred Weber Problemi

Alfred Weber genel olarak maliyeti minimum yapıp, üretimde en düşük maliyetin sağlandığı noktayı, tesis yeri olarak tanımlamaktadır. Weber ulaştırma maliyetlerini, tesis yeri seçiminde en yüksek maliyetleri oluşturduğunu öne sürmektedir. Bunun için de diğer faktörleri tüm tesis yer seçim noktaları için aynı görmektedir.

Weber tesis yer seçimi yaparken bazı varsayımları kabul etmektedir. Bunlar:

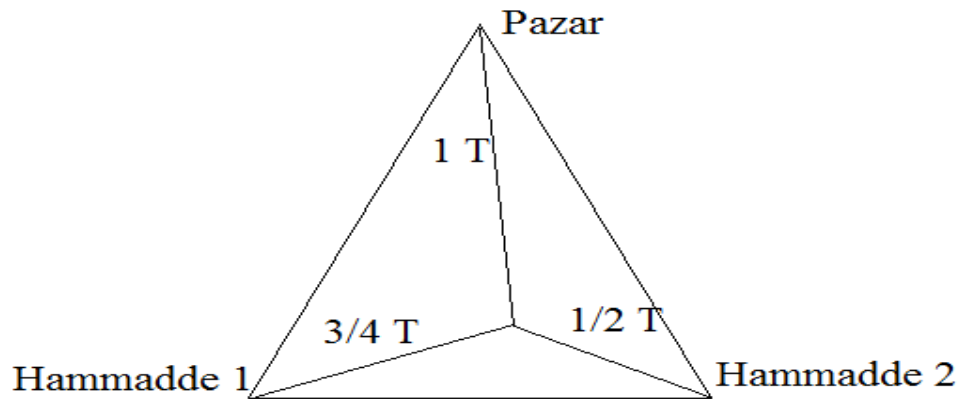
- Bir tüketim merkezi vardır. Bu merkez daha önceden belirlenmiştir.
- Hammaddelerin coğrafi yerleri bilinmektedir.
- İşgücü sınırsız olarak vardır. Her yerde iş gücü ücretleri sabittir.
- Rakip işletmeler göz ardı edilir.

Yukarıdaki varsayımlarla hareket edilerek, kuruluş yer üçgeni şeklinden faydalanılarak çözüme gidilir. Burada yerleri bilinen iki hammadde kaynağı ve pazar vardır (Bkz:Şekil.5).



Şekil.5. Weber Tesis Yer Seçim Üçgeni

Weber genel olarak, hammaddeleri iki sınıf altında incelemektedir (Gürsel, 1972). Bunlar her pazarda bulunabilen hammaddeler ve belirli yerlerde bulunan hammaddelerdir. Her pazarda bulunan hammaddeler tesis yerinin seçilmesinde etkili olmazken, belirli yerlerde bulunan hammaddeler ise tesisin kuruluş yerini, kendine doğru çeker. Kuruluş yerinin hammaddelere ve pazara olan uzaklığı, hangi hammaddeden ne kadar kullanılacağına ve pazara ne kadar ürün gönderileceğine bağlıdır. Örneğin; iki hammadde ve bir pazarın olduğu bir tesis yer seçiminde, birinci hammaddeden $\frac{3}{4}$ ton, diğerinden $\frac{1}{2}$ ton kullanılıp, 1 ton ürün elde ediliyor ise, kuruluş yeri üçgeninde doğru parçalarının uzunlukları sırasıyla $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ ve 1 olur (Bkz:Şekil.6).



Şekil.6. Weber Tesis Yer Seçim Üçgeni Hesaplanması

Weber'in tesis yeri seçimi için kullanılan doğrular, eğer bir üçgen oluşturamıyorsa, örneğin; birinci kenar 1, ikinci kenar 2 ve üçüncü kenar 3 gibi bir şekil çıkarsa, yani her iki kenarın toplamı üçüncü kenarı veriyor ve üçgen oluşamıyorsa, Weber'e göre; tesis kenar uzunluğunun 3 olduğu yerde kurulur.

Bir tesis yer seçiminde sadece bir hammadde ve pazar varsa, çözüm bir doğru üzerin de olur. Pazar ve hammadde arasındaki bu doğrunun neresine tesis kurulursa kurulsun taşıma masraflarının değişmeyeceği kabul edilir. Weber'in gelecekteki tesis yer seçimleri ile ilgili öngörüsü ise; pazar yerlerinin nüfus açısından kalabalıklaşacağı ve pazarın etrafında bulunan hammaddelerin, hızla tükeneceğidir. Bu yüzden hammadde kaynaklarının, tesisleri kendilerine doğru çekeceğini söylemektedir (Gürsel, 1972).

3.3. P-medyan Problemi

Tesis yer seçimini etkileyen toplam mesafe, zaman, maliyet gibi faktörleri minimize etmeyi hedeflemektedir. p adet tesis ve n adet düğümden oluşan modeli minimum maliyetle yerleştirmeyi amaçlar. Tüm talep noktaları, amaç fonksiyonunu eşit miktarda etkilemez ise; bu tür problemlere ağırlıklı p-medyan problemi denir (Özçakal & Bastı, 2012).

P-medyan probleminin basit hali 1-medyan problemi olarak tanımlanabilir. Mevcut talep noktalarının hepsine hizmet verecek olan 1 adet tesisin yerini bulmayı amaçlar. P-medyan problemlerinde kolay olanlar P sınıfına girer, çözümü zor olanlar ise NP-Zor sınıfı olarak adlandırılır. NP-Zor problemler çözümü optimum sürede bulunamayan problemlerdir. P sınıfı problemler ise çeşitli algoritmalar kullanılarak, makul bir sürede çözülebilmektedirler. P-medyan sınıfına giren problemler, daha çok sezgisel ve meta sezgisel yöntemlerle çözülmektedir. P-medyan tesis yer seçiminin

yapmanın yanında, açılan tesislerden hizmet alacak talep noktalarını da en kısa mesafedeki tesise atar.

P-Medyan Probleminin Varsayımlar;

1. Maliyet ile mesafe doğrusal bir ilişki içerisindedir.
2. Tesis açma maliyetleri yoktur.
3. Zamanda bir sınır yoktur.
4. Tesis kapasiteleri sınırsızdır.
5. Kaç tesis açılacağı bilinir.
6. Tesislerin nerelerde açılacağı bellidir.
7. Tesisler sadece düğümler üzerinde açılabilir.
8. Tesisler aynı özelliktedir.

P-medyan problemi çözümü, n tane düğüm üzerinde p tane tesis açmak;

$$\binom{n}{p} = \frac{n!}{p! \cdot (n-p)!} \quad (1)$$

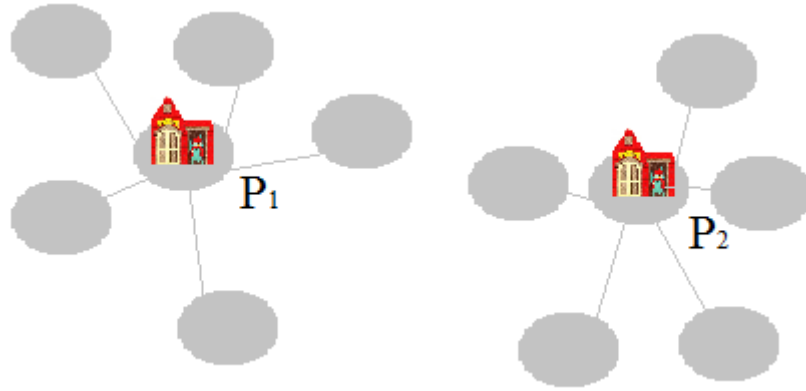
Modelde açılacak tesis sayısı artarsa, çözüm sayısı da artar. Bu da çözüm süresinin uzamasına neden olur. Örneğin: $p=2$, $n=50$ için çözüm sayısı;

$$\binom{50}{2} = \frac{50!}{2! \cdot (50-2)!} = 1.225 \quad (2)$$

Tesis sayısını artırdığımız zaman, Çözüm sayısı artar. Örneğin: $p=5$, $n=50$ için;

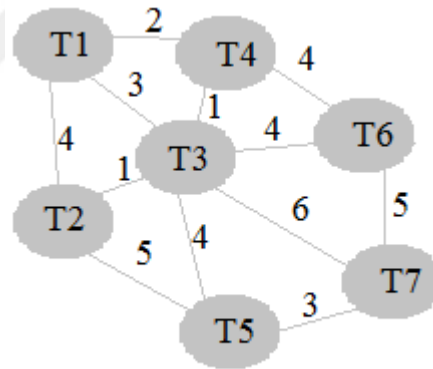
$$\binom{50}{5} = \frac{50!}{5! \cdot (50-5)!} = 2.118.760 \quad (3)$$

Tesis yeri açıldıkça çözüm uzamaktadır. Bununla birlikte bilgisayarlar bu problemleri çözmekte yetersiz kalmaktadırlar (Durak & Yıldız, 2015).



Şekil.7. Örnek Bir P-Medyan Modeli ($n=12, p=2$)

Yukarıdaki Şekil.7 de 12 talep noktasına, 2 itfaiye istasyonu yerleştirilmiştir. Buna p-medyan probleminin en basit şekli diyebiliriz.



Şekil.8. Problemin Şebeke Yapısıyla Gösterimi

Şekil.8 de örnek olarak 7 talep bölgesi olan bir ilçeye, en kısa mesafeyi bulabileceğimiz iki itfaiye istasyonu açtığımızı var sayarsak; ($n=7, p=2$). Tablo.7’de ise bu talep noktalarının birbirlerine olan uzaklıkları bulunmaktadır.

Tablo.7. Örnek Problem İçin Mesafe Matrisi

Düğüm	Tesis						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	0	4	3	2	7	6	9
T2	4	0	1	2	5	5	7
T3	3	1	0	1	4	4	6
T4	2	2	1	0	5	4	7
T5	7	5	4	5	0	7	3
T6	6	5	4	4	7	0	5
T7	9	7	6	7	3	5	0

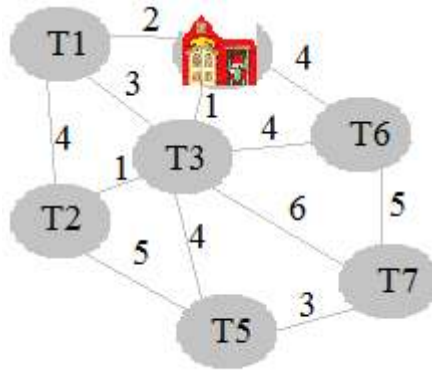
Tablo.8'i incelediğimiz zaman 7 talep bölgesine 1 itfaiye istasyonu açarsak tüm talep noktalarına olan en kısa süreye sahip yerin, T4 olduğunu görüyoruz.

$$\binom{7}{2} = \frac{7!}{2!. (7-2)!} = 21 \quad (4)$$

Denklemde (4) $n=7$ ve $p=2$ olduğu zaman, 21 çözümün olduğunu görüyoruz. Birinci itfaiye istasyonunu yerini belirledikten sonra, ikinci itfaiye istasyonunun yerini belirlemek için T4 istasyonu olan yerleri hesaba katmayacağımız için, T4 yerine sıfır yazarak, uzaklık matrislerini tekrar toplayacağız ve en küçük gelen, ikinci tesis bölgesi olacaktır (Bkz:Şekil.9).

Tablo.8. Uzaklık Matrisi İle En Kısa Sürenin Bulunması (Dakika)

Düğüm	Tesis						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	0	4	3	2	7	6	9
T2	4	0	1	2	5	5	7
T3	3	1	0	1	4	4	6
T4	2	2	1	0	5	4	7
T5	7	5	4	5	0	7	3
T6	6	5	4	4	7	0	5
T7	9	7	6	7	3	5	0
Toplam	31	24	29	21	31	31	37



Şekil.9. Bir Tesis Açıldığında (T4)

Tablo.9. Uzaklık Matrisi İle En kısa 2. Mesafenin Bulunması

Düğüm	Tesis						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	0	4	3	2	7	6	9
T2	4	0	1	2	5	5	7
T3	3	1	0	1	4	4	6
T4	0	0	0	0	0	0	0
T5	7	5	4	5	0	7	3
T6	6	5	4	4	7	0	5
T7	9	7	6	7	3	5	0
Toplam	29	22	18	21	26	27	30

Tablo.9’da görüldüğü gibi 2. en kısa mesafeye sahip bölge T3’tür. İkinci tesiste uyguladığımız sezgisel algoritmaya göre bu tesisin T3 bölgesinde yapılması en uygundur.

Tablo.10. Belirlenen Medyan Tesisler

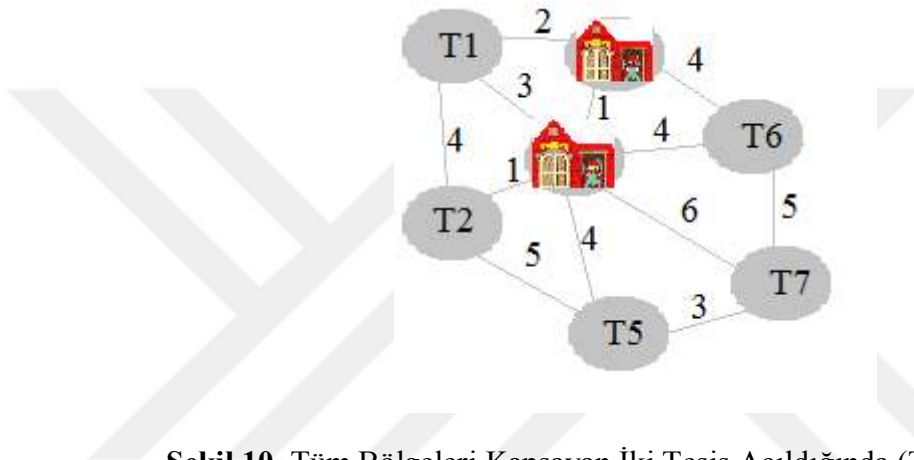
Tesis	Açıldığı Bölge	Toplam Mesafe
1.Tesis	P4	21
2.Tesis	P3	18

Çözdüğümüz örnek problemin birinci aşaması olan medyan tesisleri belirledikten sonra, talep noktaları kendine en yakın bir tesise atanır. (Bkz:Tablo.10)

Atama işlemini yaparken, talep noktalarının tesislere olan uzaklığına bakılarak (Bkz:Tablo.11), en yakın tesise atanır (Bkz:Şekil.10).

Tablo.11. Açılan Tesislere, Atanan En Yakın Talep Bölgeleri

Tesis	Açıldığı Bölge	Tesise Atanan Talep Bölgeleri
1	P4	T1, T6
2	P3	T2, T5, T7



Şekil.10. Tüm Bölgeleri Kapsayan İki Tesis Açıldığında (T4, T3)

Örnekte görüldüğü gibi, p-medyan problemleri birçok talep bölgesine belirli tesis açmak için kullanılmaktadır. Bu itfaiye istasyonu tesis yerleştirme probleminde, toplam uzaklık T3 ve T4 atandıkları bölgelerle olan toplam mesafelerine eşittir. Bu da $21+18=39$ 'dür.

Bu problemin üçüncü aşaması olarak da açılan tesisler farklı bölgelerde denenerek sonuçlar iyileştirilebilir.

P-medyan problemini matematiksel olarak ifade edecek olursak;

h_i = i bölgesindeki talep,

d_{ij} = i bölgesi ile j tesis aday yeri arasındaki uzaklık,

P = tesis sayısı,

n = talep bölgesi sayısı,

$$y_j = \begin{cases} 1, & j \text{ aday yeri kurulur ise} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ bölgesindeki talep } j \text{ tesisinden karşılanıyor ise} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

i = tesis yeri için aday bölgeler,

j = tesislerin açıldığı bölgeler,

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j h_i d_{ij} x_{ij} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (5)$$

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (6)$$

$$\sum_j y_j = P \quad (7)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad \forall i, j \quad (8)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \quad (9)$$

Bu problemde amaç (5) bütün bölgelerdeki talebi karşılayacak şekilde maliyeti minimize etmektedir. Birinci kısıt ise, (6) bir talep noktasının taleplerinin, bir tesisten karşılanmasıdır. İkinci kısıt (7) ile istenilen sayıda tesis açılması sağlanmaktadır. Üçüncü kısıt (8) açılacak tesisin, talebinin karşılanması sağlanmaktadır. Son kısıt (9) ise, değişkenlerin tam sayılı yapıda olması tanımlanmıştır.

3.4. P-merkez Problemi

Talep bölgelerinin tamamını kapsayacak, sayıca belli tesislerin, bu kapsama uzaklığını en küçükleyecek şekilde yerleştirilmesidir. Bir minimaks problemi olan p-merkez problemi, talep bölgelerinin en yakın tesis tarafından kapsamasını amaçlar. P-medyan gibi toplam mesafeyi değil, talep bölgelerinin en yakın tesise olan uzaklığını minimize eder. Bu nedenle; özellikle itfaiye istasyonları, acil yardım tesisleri gibi her bir talep bölgesine ayrı ayrı en yakın mesafeyi minimize etmek isteyen tesisler için sıkça kullanılmaktadır.

P-merkez problemlerinde talep bölgelerinin önem dereceleri varsa, bölgelere ağırlık değerleri verilir. Bu tür problemlere; ağırlıklandırılmış p-merkez problemi denir.

P-merkez problemini matematiksel olarak ifade edecek olursak;

W = Talep bölgesi ile atandığı tesis arasındaki maksimum uzaklık,

h_i = i bölgesindeki talep,

d_{ij} = i bölgesi ile j tesis aday yeri arasındaki uzaklık,

P = tesis sayısı,

n = talep bölgesi sayısı,

$x_j = \begin{cases} 1, & j \text{ aday yeri kurulur ise} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

$y_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ bölgesindeki talep } j \text{ tesisinden karşılanıyor ise} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

i = tesis yeri için aday bölgeler,

j = tesislerin açıldığı bölgeler,

$$\text{Min } W \quad (10)$$

$$\sum_j x_j = p \quad (11)$$

$$\sum_j y_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (12)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i, j \quad (13)$$

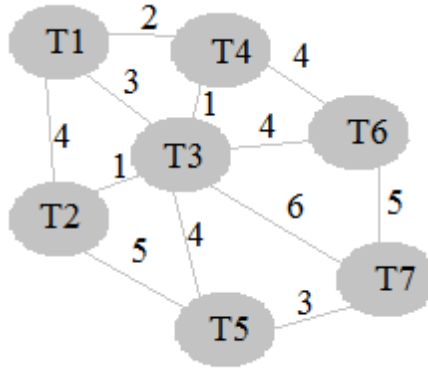
$$W - \sum_j h_i d_{ij} y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \quad (14)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (15)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \quad (16)$$

Burada amaç fonksiyonumuz; (10) her talep bölgesi ile en yakınında bulunan tesis arasındaki en büyük talep-ağırlıklı uzaklığını, en küçükmektir. Birinci kısıtımız (11) p kadar tesis açılmasını sağlar. İkinci kısıtımız ise (12) talep bölgelerinin mutlaka bir tesis tarafından kapsanmasını gerektirir. Üçüncü kısıtımız (13) talep bölgelerinin sadece açılan tesislere atanmasını sağlar. Dördüncü kısıt ise (14) en küçüklenecek maksimum talep ağırlıklı uzaklığın, alt sınırını belirler. Beşinci kısıt da (15) verilecek tesis açma değerlerini, ikili olarak yapar. Son kısıt ise (16) talep bölgelerinin, atanıp atanmadıklarını göstermektedir.

P-medyan'ı anlatırken kullanılan 7 talep bölgesi itfaiye istasyonu açma örneğini p-merkez probleminde çözelim;



Şekil.11. P-merkez Problemi İçin Talep Merkezleri

Tablo.12. P-merkez Açılacak Tesis ve Mesafeleri (uzaklık: dakika)

Sıra	Uzaklık	Bölgeler
1	6	T3
2	5	T3,T7
3	3	T3,T7,T6
4	1	T1,T3,T5,T6,T7
5	0	T1,T2,T3,T4,T5,T6,T7

Şekil.11’de bulunan talep noktalarına ulaşma mesafesini, açacağımız tesislere göre nasıl düşüreceğimizi, Tablo.12’de görmekteyiz. Sadece T3 bölgesinde bir istasyon kurulursa, buradan talep bölgelerine tek tek ulaşmaya çalıştığımızda en uzak talep bölgesine 6 dakika da ulaştığımızı görüyoruz. T3 ve T7 bölgelerine toplamda iki istasyon açıldığında ise, bu istasyonlardan en uzak talep bölgesine, 5 dakikada ulaşılabiliniyor. T3, T7, T6 talep bölgelerine istasyon açtığımızda ise bu istasyonlardan en uzak talep bölgesine 3 dakikada ulaşılmaktadır. Son olarak tüm bölgelerde istasyon açılırsa, her bölge kendini kapsadığı için süre kullanılmadan, tüm talep bölgelerinin talebi karşılanmış olur.

Bu benzer örneklerde görüyoruz ki; p-medyan talep bölgeleri arasındaki toplam mesafeyi minimum yaparken, p-merkez problemi ise her talep bölgesi için ulaşım süresini minimize etmektedir.

3.5. Maksimum Kapsama Problemi

Kaynakların yetersizliğinden, talep bölgelerinin tamamının istenilen bir hizmet düzeyiyle kapsanması bazen çok zor olabiliyor. Belirli sayıda tesisi, istenen uzaklık içinde en fazla müşteriyi kapsamayı amaçlayan problemlere maksimum kapsama problemi denir.

Problemi matematiksel olarak ifade edecek olursak;

i = talep bölgesi,

j = tesislerin açıldığı bölgeler,

$x_j = \begin{cases} 1, & j \text{ aday yeri kurulur ise} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

$z_i = \begin{cases} 1, & i \text{ talebi kapsanıyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

h_i = i bölgesindeki talep,

N_i = i bölgesini kapsayan bütün aday yerleri,

p = kurulmak istenen tesis sayısı,

$$\text{Maks} \sum_i h_i z_i \tag{17}$$

$$z_i \leq \sum_{j \in N_i} x_j \quad \forall i \tag{18}$$

$$\sum_j x_j \leq p \quad (19)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (20)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad \forall i \quad (21)$$

Bu problemde amaç; kapsanan talep miktarını maksimum yapmaktır (17). Birinci kısıt (18) kabul edilebilir hizmet uzaklığı içerisinde, hangi talep bölgelerini kapsayacağını belirler. İkinci kısıt (19) açılacak tesis sayısını sınırlar. Üçüncü (20) ve dördüncü (21) kısıtlar ise bütünlük kısıtlarıdır.

3.6. Küme Kapsama Problemi

Küme kapsama probleminde talep bölgelerinin kümesi ve tesis kümesi vardır. Burada amaç talep bölgelerinin en az maliyetle bir tesis tarafından kapsanmasıdır.

Problemi matematiksel olarak ifade edecek olursak;

i = talep bölgesi,

j = tesislerin açıldığı bölgeler,

$x_j = \begin{cases} 1, & j \text{ aday yeri kurulur ise} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

f_j = j bölgesindeki tesis kurma maliyeti,

N_i = i bölgesini kapsayan bütün aday yerleri,

$a_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ bölgesindeki talep } j \text{ tesisinden karşılanabiliyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

p = kurulmak istenen tesis sayısı,

$$\text{Min} \sum_i x_j f_j \quad (22)$$

$$\sum_j x_j a_{ij} \quad \forall i, j \quad (23)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \quad (24)$$

Daha önceki tesis yer seçimi probleminde yaptığımız, itfaiye istasyonu yer seçim örneğini biraz özelleştirerek, küme kapsama problemiyle çözelim. (Bkz:Şekil.8).

Varsayımlar;

- 7 talep bölgesi bulunmaktadır,
- 3 dakikada tüm talep bölgelerindeki yangına müdahale edecektir,

Tablo.13. Küme Kapsama İçin Talep Bölgeleri Arası Süre (Dakika)

Düğüm	Tesis						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
T1	0	4	3	2	7	6	9
T2	4	0	1	2	5	5	7
T3	3	1	0	1	4	4	6
T4	2	2	1	0	5	4	7
T5	7	5	4	5	0	7	3
T6	6	5	4	4	7	0	5
T7	9	7	6	7	3	5	0

$$x_j = \begin{cases} 1, & j \text{ aday yeri kurulur ise} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$$\text{Toplam kurulacak itfaiye istasyonu sayısı} = x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7$$

Amacımız en az sayıda tesis açmaktır.

$$\text{Min } z \quad x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7$$

Tablo.14. İstasyonların Kapsadığı Bölgeler

Bölgeler	Kapsadığı Bölgeler
T1	T1,T3,T4
T2	T2,T3,T4
T3	T1,T2,T3,T4
T4	T1,T2,T3,T4
T5	T5,T7
T6	T6
T7	T5,T7

Bu problemde çeşitli kısıtlar koyabiliriz. Örneğin; T1 bölgesine 3 dakika mesafede bir itfaiye istasyonu açmak istersek $x_1 + x_2 + x_3 \geq 1$ değerini veririz.

Kısıtlar:

$$x_1 + x_3 + x_4 \geq 1$$

$$x_2 + x_3 + x_4 \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq 1$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \geq 1$$

$$x_5 + x_7 \geq 1$$

$$x_6 \geq 1$$

$$x_5 + x_7 \geq 1$$

$$x_j = 0 \text{ veya } 1$$

Bu örnekte optimum sonuç 3 olur. 7 talep bölgesine 3 tane istasyon kurulursa (T4, T5, T6) 3 dakika içerisinde, tüm bölgelerde çıkan yangınlara, müdahale edilebilir.

Bu örnekte de görüldüğü gibi, aslında 2 itfaiye istasyonu kurulursa (T4, T5) altı bölge kapsanıyor, T6 kapsamıyor. Bazı örneklerde çok daha önemli rakamlar

görebiliyoruz. Örneğin; 7 istasyonla bölgelerin %85'i kapsanırken, %100 kapsanması için 15 istasyon gerekebiliyor. Bu da problemlerin çok iyi analiz edilmesi gerektiğini göstermektedir.

3.7. Yedek Kapsama Problemi

Bir talep bölgesinin bir defadan fazla kapsanması, yedek kapsama problemi ile çözülmektedir. Belirli bir zaman içerisinde, bir bölgenin, birden fazla tesis ile kapsanması amaçlanmaktadır. Acil servis hizmetlerinde, bazı bölgelerde çok yoğun talepler olabilmektedir. Bu bölgelerin talebini karşılayan tesisler yetersiz kalınca yedek bölge devreye girmekte ve talebi karşılamaktadır.

Problemi matematiksel olarak ifade edecek olursak;

i = talep bölgesi,

j = tesislerin açıldığı bölgeler,

x_j = j bölgesine yerleştirilen araç sayısı,

$y_i = \begin{cases} 1, & i \text{ talep bölgesi bir kez kapsanmış ise} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

$u_i = \begin{cases} 1, & i \text{ talep bölgesi en az iki kez kapsanmış ise} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

$a_{ij} = \begin{cases} 1, & d_{ij} \leq S \text{ ise} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

d_{ij} = i ve j bölgeleri arasındaki mesafe veya ulaşım süresi,

h_i = i talep bölgesinin nüfusu,

S = belirlenmiş olan mesafe veya zaman,

C = elde bulunan araç sayısı,

$$1. \text{ Amaç: } \text{Max } Z_1 = \sum_i h_i y_i \quad (25)$$

$$2. \text{ Amaç: } \text{Max } Z_2 = \sum_i h_i u_i \quad (26)$$

$$\sum_j a_{ij} x_j - y_i - u_i \geq 0 \quad \forall i \quad (27)$$

$$u_i - y_i \leq 0 \quad \forall i \quad (28)$$

$$\sum_j x_j = C \quad (29)$$

Birinci (25) ve ikinci (26) kısıtlar hangi bölgelerin yedek kapsama dahil edildiğini gösterir. Üçüncü kısıt (27) talep bölgelerin toplam araç sayısı göstermekte. Dördüncü kısıt (28) ise, eğer birinci kapsama yapılmış ise, yedek kapsamanın olmasını sağlar. Son kısıt (29) elde bulunan araç sayısını göstermektedir.

Acil servis hizmeti veren birçok sistemin kapasitesi sınırlıdır. Talep bölgelerinden gelen çağrılara cevap verdiklerinde, aynı zamanda gelen diğer acil çağrılara cevap verecek araç kapasitesine sahip olamayabilirler. Bu gibi sorunları çözmek için, yedek kapsama modeli uygulamaktadır (Selim & Özkarahan, 2003).

3.8. Karo Kapsama Problemi

Hizmet veren tesislerin, talep bölgelerine aynı mesafede olmasının güç olduğu durumlar vardır. Bu gibi bir problemde amaç; hizmet tesisinin tüm talep bölgelerine olan en büyük uzaklığın, en küçülmesi isteniyor ise, örneğin; acil hizmet

veren servislerin her talep bölgesine, en hızlı varması istenir. Bu tür problemlerin çözülmesinde kapsama modelleri kullanılır. Bunların içerisinde karo kapsama problemi dik doğrusal uzaklığın kullanıldığı minimax problemlerdir (Aytulun, 2016).

Problemi matematiksel olarak ifade edecek olursak;

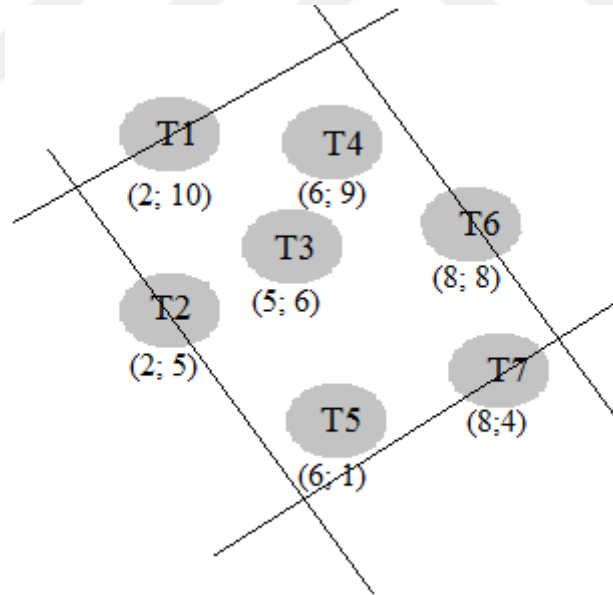
$$g(x,y) = \text{Max} \left\{ w_i \left[\left| x - a_i \right| + \left| y - b_i \right| \right] + h_i : i = 1,2, \dots, m \right\} \quad (30)$$

Bu problemde (30) (x,y) koordinatlarını kullanarak m tane mevcut tesis (a_i, b_i) koordinatlarında bulunmaktadır.

m = mevcut tesis sayısı,

w_i = En uzak tesise, en kısa mesafe,

Önceki problemlerde çözdüğümüz, 7 talep bölgesi itfaiye istasyonu modelini, karo kapsama problemi ile çözelim.



Şekil.12. Talep Bölgelerinin Koordinat Düzlemindeki Yerleri

Tablo.15. Talep Bölgelerinin Koordinatları

Bölgeler	a_i	b_i
T1	2	10
T2	2	5
T3	5	6
T4	6	9
T5	6	1
T6	8	8
T7	8	4

Çözüm:

$$\left| x - a_i \right| + \left| y - b_i \right| \leq r_i \equiv z - h_i$$



$$x - a_i + y - b_i \leq r_i$$

$$x - a_i - y + b_i \leq r_i$$

$$-x + a_i + y - b_i \leq r_i$$

$$-x - a_i - y + b_i \leq r_i$$

$$c_1 = \text{Min} \left\{ a_i + b_i - h_i : i = 1, \dots, m \right\}$$

$$c_2 = \text{Max} \left\{ a_i + b_i + h_i : i = 1, \dots, m \right\}$$

$$c_3 = \text{Min} \left\{ -a_i + b_i - h_i : i = 1, \dots, m \right\}$$

$$c_4 = \text{Max} \left\{ -a_i + b_i + h_i : i = 1, \dots, m \right\}$$

$$c_5 = \text{Max} \{c_1 - c_2, c_4 - c_3\}$$

$\frac{c_5}{2}$ yarıçap ve aynı zamanda minimum amaç fonksiyonu değeridir.

Şekil.11’de problemimizin talep noktalarını görmekteyiz. Tablo.15’de talep bölgelerinin koordinat sistemi üzerindeki konumlarını görmekteyiz. Şekil.12’de ise karo kapsama probleminin çözüm yaklaşımı yer almaktadır.

$$(x_1^*, y_1^*) = \frac{1}{2} \{c_1 - c_3, c_1 + c_3 + c_5\}$$

$$(x_2^*, y_2^*) = \frac{1}{2} \{c_2 - c_4, c_2 + c_4 - c_5\}$$

$$c_1 = \text{Min} \{a_i + b_i - h_i : i = 1, \dots, m\} = \text{Min} \{12, 7, 11, 15, 7, 16, 12\} = 7$$

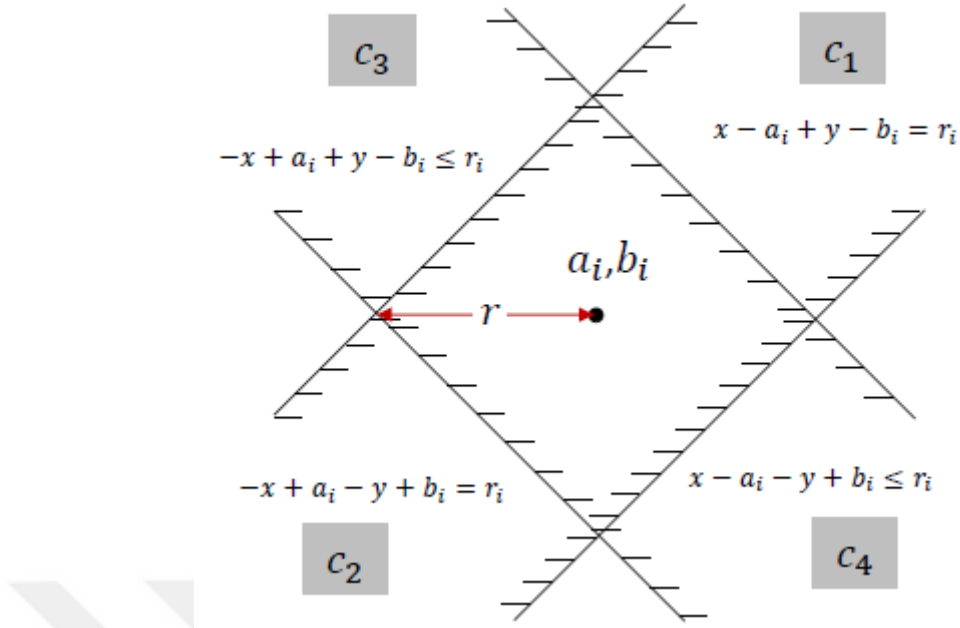
$$c_2 = \text{Max} \{a_i + b_i + h_i : i = 1, \dots, m\} = \text{Max} \{12, 7, 11, 15, 7, 16, 12\} = 16$$

$$c_3 = \text{Min} \{-a_i + b_i - h_i : i = 1, \dots, m\} = \text{Min} \{8, 3, 1, 3, -5, 0, -4\} = -5$$

$$c_4 = \text{Max} \{-a_i + b_i + h_i : i = 1, \dots, m\} = \text{Max} \{8, 3, 1, 3, -5, 0, -4\} = 8$$

$$c_5 = \text{Max} \{c_1 - c_2, c_4 - c_3\} = \text{Max} \{-12, 13\} = 13$$

$$\frac{c_5}{2} = 6,5 \text{ karonun çapı,}$$



Şekil.13. Kapsama Karo Probleminin Şekilsel Gösterimi

$$(x_1^*, y_1^*) = \frac{1}{2} \left\{ c_1 - c_3, c_1 + c_3 + c_5 \right\} = (6; 7,5)$$

$$(x_2^*, y_2^*) = \frac{1}{2} \left\{ c_2 - c_4, c_2 + c_4 - c_5 \right\} = (4; 5,5)$$

Talep bölgelerini kapsayan bir karo çizdiğimizde yukarıda görüldüğü gibi yarıçapı 6,5 olmaktadır. Merkezleri birleştiren doğru parçasının her bir noktası (6; 7,5) ve (4;5,5) olarak bulunmaktadır.

4. İTFAİYE TESİS YER SEÇİMİLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

İtfaiye tesis yer seçimi ile ilgili birçok çalışma literatürde bulunmaktadır. Genel olarak kapsama problemleri kullanılmaktadır. Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) de sıklıkla kullanılan başka bir yöntemdir.

Badri, Mortagy, & Alsayed, (1998): Yirmi kişilik bir ekiple Dubai'yi alt bölgelere ayırarak, itfaiye istasyonları ve talep bölgeleri için gerekli olan ortalama yolculuk süreleri, maksimum yolculuk süresi gibi değerleri ölçerek, gün içerisinde trafiğin yoğunluğuna göre bu sürelerin değiştiğini ön görerek çok amaçlı bir matematiksel model oluşturmuşlardır. Stratejik bir karar olduğu için, bu tür problemlerin birçok yönüyle ele alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Yöntem olarak hedef programlama kullanılmıştır. Amaçları tüm talep bölgelerine ayrı ayrı belirli bir sürede varmak olduğu için, küme kapsama modelini, hedef programlamayla kullanmışlardır. Ayrıca itfaiye tesis yer seçimi için 11 strateji belirlemişlerdir. Bunlar:

- Tesislerin toplam yıllık maliyetini en aza indirmek,
- Sabit maliyetleri en aza indirmek,
- İtfaiye istasyonlarından kaza bölgelerine gidilen yol mesafesini en aza indirmek,
- En fazla kaza beklenen bölgelerde en fazla hizmeti vermek,
- İtfaiye istasyonlarının, talep alınan bölgelere olan en uzun mesafesini en aza indirmek,
- İtfaiye istasyonlarından talep bölgelerine olan süreyi en aza indirmek,
- İtfaiye istasyonların talep bölgelerine ortalama ulaşım sürelerini en aza indirmek,
- İstenen itfaiye istasyon sayısına ulaşmak,
- İstenilen alan statüsüne erişmek,
- Birden fazla bölgenin kapsanmasını en aza indirmek,
- Suyun olmadığı yerlerde yerleşimi azaltmaktır,

Yang, He, & Gustafson, (2004): Pennsylvania Bölgesinde talep bölgelerine olan ortalama varış zamanlarını azaltıp, var olan kaynakları en iyi şekilde kullanmayı amaçlamışlardır. Kapsama modeli geliştirilerek oluşturulan çözüm yaklaşımında, simülasyon kullanılarak çözüme gidilmiştir. Burada talep bölgelerine erişim sürelerinin kısaltılması amaçlanmıştır. Belirlenen kapsama alanı bölgelere ayrılarak, her itfaiye istasyonu için hizmet alanları amaçlamışlardır. Bununla birlikte iki ölçüt belirlemişlerdir. Bunlar, itfaiye merkezlerinin dengelenmesi ve taleplere cevap zamanlarının belirlenmesidir.

Yang, Jones, & Yang, (2007): Genetik algoritma ve bulanık çok amaçlı programlamanın beraber kullanılmasıyla oluşturulan bir modelle dayalı çalışma yapılmıştır. Birçok bulanık amaç en küçük ve en büyük hedeflere dönüştürülerek, genetik algoritmayla çözümü yapılmıştır. Daha çok itfaiyeciler tarafından kullanılabilen bir model yapılması için çalışılmıştır. Bölgeler farklı risk kategorilerine göre ele alınmıştır. Çalışmada genel olarak; itfaiyecilerin görüşleri dikkate alınmış, farklı risk bölgelerinin belirlenmesi sağlanmıştır. Genetik algoritmayla problemin karmaşıklığı önlenmiştir.

Aktaş, Azaydın, Ülengin, Önsel, & Ağaran, (2009): Küme kapsama modeli ile tamsayılı programlamayı kullanarak, İstanbul'un tamamına itfaiyenin beş dakikada müdahale etmesi için gereken itfaiye istasyonlarının sayısı ve yerlerini belirtmişlerdir. İstanbul'da bulunan 822 mahalleyi 822×822 matris kurarak aralarındaki mesafeleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla ölçmüşlerdir. Burada her mahalle bir talep bölgesi olarak alınmış. Ve her mahalleye ayrı ayrı beş dakika içerisinde ulaşabilecek bir itfaiye tesis sayısı belirlemişlerdir. Mevcut durumda 63 itfaiye istasyonu bulunan İstanbul itfaiyesinin 822 talep bölgesinde çıkan yangınlara %58,6 ile beş dakikanın altında müdahale edildiği görülmüştür. Çalışmada amaç; bu oranı %100 çıkarmaktır. Sonuç olarak 63 olan itfaiye istasyonu sayısının 133 çıkarılmasıyla bunun yapılabilceği görülmüştür. CBS programı yardımıyla yeni yapılacak itfaiye istasyonlarının konumları belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışma sonucunda kurulacak itfaiye istasyonlarının tahmini maliyetleri de hesaplanmıştır.

Çatay, (2011): İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı'yla ortak yapılan bu çalışmada, çok tam sayılı doğrusal programlama ve çok ölçekli kapsama modelini kullanarak, İstanbul'da kurulacak itfaiye istasyonlarının sayılarına göre kapsayacakları alanlar hesaplanmış ve bunlar senaryolar şekline getirilmiştir. İstanbul İtfaiyesi yangın sayılarına göre, yangın risk bölgeleri belirlemiştir. Bunlar “çok riskli,” riskli,” “orta riskli,” ve “az riskli” bölgeler olmak üzere dört bölgeye ayırmıştır. İtfaiyenin bu bölgelerdeki yangınlara istenilen ulaşma süreleri sırayla 5, 8, 10, 15 dakikadır.

Tablo.16. Bölgelerin Risk Sınıfına Göre Ulaşım Süreleri (Dakika)

Risk Sınıfı	Risk Puanı	1.İstasyon Ulaşım Süresi	2.İstasyon Ulaşım Süresi	3.İstasyon Ulaşım Süresi
Çok Riskli	35-50	5	5	8
Riskli	20-34	5	8	10
Orta Riskli	10-19	8	10	-
Az Riskli	0-9	10	15	-

Risk sınıfları; İstanbul Büyük Şehir (İBB) bağlı İtfaiye Destek Hizmetleri Müdürlüğü bünyesindeki Araştırma, Planlama, Koordinasyon (APK) birimi tarafından en fazla itfaiye olay sayısına göre, bir normalizasyon yapılarak her mahallenin 50 üzerinden risk puanı hesaplanmıştır. İtfaiye araçlarının şehir içinde ortalama hızı 40 km/saat olarak APK tarafından belirlenmiştir.

Kurulan modelde amaç; risk kategorilerine göre kapsanması gereken bölge sayısını enbüyükleme. Sonuç olarak istasyon sayısı 96'a çıkarılırsa kapsanan alan %83,5 olmuştur. Çözümde istasyon sayısı 120 çıkarıldığında ise toplamda %91,2'nin kapsandığı görülmüştür.

Erden & Coşkun, (2011): İstanbul'da itfaiye istasyonları için en uygun yerlerin bulunması için yapılmış bir çalışmadır. Bu çalışmada Coğrafi Bilgi

Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşik Yöntemi (AHY) kullanılarak tesislerin yeri belirlenmiş. Karar vericilere anketler yapılarak, istasyon yer seçimi için gerekli kriterlerin puanlaması istenmiştir. Daha sonra CBS tarafından belirlenen bölgeler arasından, bu veriler doğrultusunda, en uygun istasyon yerleri belirlenmiştir.

Acil yardım tesis yer seçim problemlerinin amacı; tüm talep bölgelerinin en kısa mesafeyle kapsanmasıdır. Bundan dolayı literatürde genelde kapsama problemleri ile çözüme gidilmiştir. Az da olsa Analitik Hiyerarşik Yöntem (AHY) kullanılmıştır.

Bu çalışma literatüre maksimum kapsama modeli ile küme kapsama modellerine mevcut istasyonları ekleyerek, istasyonlara en yakın talep bölgelerini atayarak, en iyi sonucu bulmayı hedefleyen bir çözüm modeli eklemeyi hedeflemiştir.

5. UYGULAMA

Kurulacak model hakkında bilgi verildikten sonra, mevcut durum incelenmiştir. Daha sonra problem tanımı yapılarak, çözüm modeli kurulmuştur. Çözüm amacı kapsama modelleriyle çözülmüştür.

Bu çalışma da Beşiktaş, Şişli, Beyoğlu'nda bulunan 92 mahalle ve 4 itfaiye istasyonunun konum bilgileri enlem ve boylam olarak alınmıştır. Daha sonra bu bilgilerle aralarındaki uzaklıklar hesaplanarak, mevcut istasyonlara ek olarak yangına müdahale süresini en aza indirecek 1 istasyon daha eklenmiştir.

Uygulama Adımları:

1. Mevcut durum incelendi. 92 mahalle ve 4 itfaiye istasyonunun konum bilgileri Google Haritalar yardımıyla alındı.
2. Bilgi ve veriler için yetkili kuruma 3 defa başvuruda bulunuldu. Fakat bilgi ve veri paylaşımında bulunulmadı.
3. Kurumun daha önce yayımladığı raporlar incelenerek, değerlendirmeler yapıldı.
4. Talep bölgeleri (mahalleler) ve itfaiye istasyonları arasındaki mesafeler, Excel programıyla Manhattan uzaklık formülü kullanılarak hesaplandı.
5. İstanbul İtfaiyesi'nin belirlediği hız limitlerine göre bu mesafeler, süre (dakika) olarak hesaplandı. Daha sonra belirli süreler için "0" ve "1" olarak numaralandırıldı. Eğer belirlenen sürede bölgeler birbirleri kapsıyorsa "1", kapsamıyorsa "0" olarak gösterildi.
6. P-medyan ve maksimum kapsama problemleri ile çözümler yapıldı. Bu çözümler mevcut durumla karşılaştırıldı.
7. Mevcut durum ile en iyi çözümü veren yöntem birlikte kullanılarak çözüm yaklaşımına gidilmiştir.
8. Küme kapsama yöntemi kullanılarak, istasyon sayıları sabit tutularak en az sürede açılacak istasyon sayısı incelendi.

9. Hangi bölgede itfaiye istasyonu açılması isteniyorsa, Google Earth programı yardımıyla bu bölgeler harita üzerinde incelenmiştir.
10. Bulunan her sonuçtan sonra, talep bölgeleri açılacak istasyonlar içinden en yakın olana atanmıştır.
11. Bulunan mevcut durum sonuçları ile İstanbul İtfaiyesi'nin yayınladığı faaliyet raporlarının sonuçları karşılaştırılmıştır. Bunların örtüştüğü görülmüştür.
12. Mevcut bulunan 4 istasyon çözüme eklenerek, maksimum kapsama modeliyle yeni bir istasyon yeri tespit edilmiştir. İyileştirme sonuçları incelenmiştir.
13. Açılacak istasyonun yeri harita üzerinde incelenmiştir. Sonuçlar yazıldıktan sonra öneriler yapılmıştır.

5.1. Mevcut Durum

2016 yılı itibarıyla Beşiktaş ilçesinde 1, Beyoğlu'nda 1 ve Şişli'de 2 itfaiye istasyonu bulunmaktadır (Şekil.14).



Şekil.14. İtfaiye İstasyonlarının Google Earth'den Görünüşü

Üç ilçede toplam 92 mahalle bulunmaktadır. Her mahalle, bir talep bölgesi olarak kabul edilmiştir. Mahalle konum bilgileri Google Haritalar kullanılarak

alınmıştır. Daha sonra bu bilgiler toplu bir şekilde Google Earth programına yüklenerek incelenmiştir (Şekil.14).

Mahalle ve itfaiye istasyonlarının konum bilgileri Excel programına yüklenerek, Manhattan uzaklık formülü ile noktalar arasındaki mesafeler ölçülmüştür. Daha sonra her nokta ile diğer tüm noktalar arası uzaklık hesaplanmıştır (96*96, 92 mahalle, 4 itfaiye istasyonu). Bu uzaklık ölçümleri kilometreye çevrilerek, çalışmanın ikinci bölümünde ortalama 40 km/saat hız yapıldığı yazılmıştı. Bu hesaba göre dakikada 1,5 kilometre yol gidilmesi gerekmektedir. Fakat yapılan hesaplarda İstanbul İtfaiyesi'nin verilerine göre, hesaplamaların daha az olduğu gözlenmiştir. Uzman kişilerle yapılan görüşmeler sonucunda bu üç ilçenin yoğun trafik nedeniyle 1 kilometrenin 2 dakikada alınabildiği öngörülmüştür. Daha sonra noktalar arası mesafe 2 ile çarpılarak, bu noktalar arası varış süreleri hesaplanmıştır (Tablo.17).

Tablo.17. Talep ve Tesis Noktaları Arası Uzaklık (Dakika)

	1	2	3		94	95	96
1	0,00	10,74	11,52	...	2,84	3,40	5,32
2	10,74	0,00	6,00	...	7,90	13,74	9,09
3	11,52	6,00	0,00	...	8,69	14,53	9,87
.	.	.	.	.	.	.	.
94	2,84	7,90	8,69	...	0,00	5,84	7,53
95	3,40	13,74	14,53	...	5,84	0,00	4,65
96	5,32	9,09	9,87	...	7,53	4,65	0,00

Yukarıda bulduğumuz talep noktaları arasındaki sürelerin ortalamasını aldığımız zaman, Tablo.18'de görüldüğü gibi mevcut bulunan 4 itfaiye istasyonlarının kendi bölgelerine ve tek başlarına 3 ilçeye hizmet verdiklerinde ortalama olay yerine varış süreleri hesaplanmıştır.

Tablo.18. Mevcut Durumda Ortalama Varış Süreleri

İstasyon	Kendi İlçesi	Tüm Bölgeye (Dakika/Saniye)
Şişli	5.39	7.42
Beşiktaş	5.01	9.16
Beyoğlu	6.17	5.57
Mecidiyeköy (Şişli İlçesinde)	4.21	7.59

Bu çalışmadaki 4 itfaiye istasyonunun ayrı ayrı müdahale ettiği alanlar vardır. Her istasyon, bulunduğu ilçeye hizmet verebilirken, gerektiği durumlar da destek olarak diğer itfaiyelerden yardım talebinde bulunabilir. Şişli ilçesinde iki adet itfaiye istasyonu bulunmaktadır. Tablo.19’u incelediğimiz zaman; Şişli İtfaiye İstasyonunun Şişli ilçesinin tamamına ortalama müdahale süresinin 5.39 dakika olduğunu görmekteyiz. Beyoğlu itfaiyesinin Şişli ilçesine olan varış süresi ise 3.31 dakika olarak görülmektedir (Bkz:Tablo.18). Bu durum İstanbul’daki hızlı yapılaşmadan kaynaklanmaktadır. Bu konu başka bir çalışmada incelenebilir.

Tablo.19. İtfaiye İstasyonlarının Bölgelere Müdahalesi

Müdahale Eden İtfaiye	Müdahale Ettiği Bölge	Varış Süresi (Dakika/Saniye)
Şişli	Şişli	5,39
Şişli	Beşiktaş	12,33
Şişli	Beyoğlu	6,19
Beşiktaş	Şişli	8.14
Beşiktaş	Beşiktaş	5.01
Beşiktaş	Beyoğlu	12.6
Beyoğlu	Şişli	3.31
Beyoğlu	Beşiktaş	7.58
Beyoğlu	Beyoğlu	6.17
Mecidiyeköy	Şişli	4.21
Mecidiyeköy	Beşiktaş	6.32
Mecidiyeköy	Beyoğlu	10.49

5.2. P-Medyan Modeliyle Çözüm Yaklaşımı

Talep bölgelerinin toplam uzaklığını en aza indirerek, en uygun tesis açmayı amaçlar. Öncelikle oluşturduğumuz (Tablo.17) matrisin değerlerini alt alta topluyoruz. Bunların arasından en kısa mesafede olan bölgeye tesis açıyoruz. Daha sonra aynı işlemi tekrar yapıyoruz. Fakat bu sefer daha önce tesis açtığımız talep bölgesini sıfır olarak alıyoruz (Tesis bölgede açıldığı için). Bu şekilde işlemleri yaparak, istediğimiz sayıda tesis açtıktan sonra, talep bölgelerini en yakın tesise atıyoruz. Çözümde iyileştirme istenirse açacağımız tesisleri, farklı bölgelerde açarak sonuçları karşılaştırabiliriz.

Çalışmamızda en az mesafeye sahip bölge tüm bölgelere olan toplam uzaklığıyla 38. bölge çıkmıştır. Toplam mesafe 517 kilometredir. Daha sonra bir tesis açtığımızda, 38. bölgede tesis açıldığı için, değerlerini sıfır yaparak tekrar talep bölgelerinin birbirlerine olan uzaklıkları ölçülmüştür. Sonuç olarak tekrar en kısa mesafe 38. bölgede çıkmıştır. Bu bölgede tesis olduğu için ikinci en kısa mesafeye sahip 30. bölge seçilmiştir. Tüm talep bölgelerine olan toplam uzaklığı 518 kilometre. İşlemlerde 3. tesis açılması için, 30. talep bölgesi de sıfır alınmıştır. Sırasıyla 28. ve 69. talep bölgelerinde birer tesis daha açılmıştır.

Tablo.20. P-Medyan Çözümünde Talep Bölgelerini İstasyonlara Atama

İstasyonun Açıldığı Bölge	Kapsanan Bölgeler
28	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 1, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 32, 33, 34, 37, 39, 40, 41, 43, 44, 45, 47
30	30, 31, 35, 36, 38, 46, 48, 60, 61, 72, 85, 91, 92
38	5, 6, 19, 22, 23, 55, 71, 74, 75, 77, 80, 83, 87
69	42, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 73, 76, 78, 79, 81, 82, 84, 86, 88, 89, 90

En kısa mesafeye sahip dört bölge seçildikten sonra, bu bölgelere istasyon açılır. Ve kalan 88 talep bölgesi yakınlık durumlarına göre bu istasyonlara atanır (Tablo.20).

Tesislerin seçilmesi ve talep bölgelerinin atanması 3. bölümde detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

İtfaiye istasyonlarının açıldığı (Tablo.20) bölgelerin, talep bölgelerine olan toplam uzaklıkları hesaplandığında: 441 kilometre olduğu görülmektedir. Açtığımız itfaiye istasyonlarının yerlerini iyileştirmek için, rastgele bir tesisin yeri ile talep bölgesinin yerini değiştiriyoruz. 28. bölgede açılan tesis yerine, 14. bölgede tesis açınca çözüm de iyileştirme olduğu görülmüştür. Tüm talep bölgelerine olan en kısa mesafe 379 kilometreye düşmüştür. Bu şekilde çözüm iyileştirilmesine devam edilebilir. Fakat biz bir iyileştirmeyi bu model için yeterli gördük. Bu model göre itfaiyenin üç ilçedeki mevcut istasyonlarının toplam en kısa mesafesi 334 kilometre olarak bulunmuştur.

Tablo.21. Seçilen İstasyon Yerlerinin Kapsadıkları Bölgeye Ortalama Müdahale Süresi (Dakika)

Müdahale Eden İtfaiye	Müdahale Ettiği Bölge	Ortalama Varış Süresi
14	2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18, 21, 29, 32, 33, 41, 43	4.47
30	27, 30, 31, 35, 36, 46, 48, 60, 61, 85, 91, 92	3.43
38	1, 5, 6, 7, 16, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 34, 37, 38, 39, 40, 44, 45, 47, 55, 71, 74, 75, 77, 80, 83, 87	3.29
69	42, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 76, 78, 79, 81, 82, 84, 86, 88, 89, 90	3.11

P-medyan çözümüne göre, problemin iyileştirilmiş hali Tablo.21’de görülmektedir. İtfaiyenin mevcut durumuyla karşılaştırdığımızda, İtfaiye istasyonlarının şu anki tesis yerlerinin uygun olmadığı görülmektedir.

Mevcut durumda İstanbul İtfaiyesi, istasyonlarını ilçe bazında görevlendirdiği için yaptığımız modelle sağlıklı bir karşılaştırma yapmak gerçeği yansıtmamaktadır.

Tez çalışmasının devamında, itfaiyenin mevcut durumu modelle eklenerek gerçekte uygulanabilir bir çözüm elde edilmeye çalışılacaktır.

Tablo.2.1’de olduğu gibi istasyonlar açıldıktan sonra, talep bölgeleri kendilerine en yakın istasyona atanmıştır. Bu durum da ortalama yangına müdahale süresi 3.37 dakika olarak bulunmuştur.

5.3. Maksimum Kapsama Modeliyle Çözüm Yaklaşımı

Maksimum kapsama modelinde, talep bölgelerinin tamamına belirli bir sürenin altında müdahale etmek için, gereken en az sayıda tesis sayısını amaçlanmaktadır. Modelle ilgili bilgiler 3. bölümde verilmiştir. Burada çözüm uygulama adımları yapılacaktır.

Modelin varsayımları aşağıdaki gibidir;

- Tüm istasyonlar aynı kapasiteye sahiptir.
- Tesis açma maliyeti, modele eklenmemiştir.
- Belirli sayıda istasyon açılacaktır.
- Olay yerine varış süresi, belirli bir süre olacaktır.
- İtfaiye araçlarının istasyondan çıkış süreleri çözüme eklenmemiştir.

Buradaki amacımız; tüm talep bölgelerine en fazla 5 dakika içerisinde müdahale etmek için, gerekli olan optimum tesisi açmaktır.

Tablo.22. 5 Dakikanın Altında Hizmet Alan Talep Bölgelerinin Matrisi

	1	2	3	...	90	91	92
1	1	0	0	...	0	0	0
2	0	1	0	...	0	0	0
3	0	0	1	...	0	0	0
.	.	.	.	.	.	.	.
90	0	0	0	...	1	0	0
91	0	0	0	...	0	1	1
92	0	0	0	...	0	1	1

Tablo.22’de beş dakikanın altında, hizmet alan talep bölgeleri 1 değeri verilmiş, aksi durumlar için 0 verilmiştir. Burada amaç tüm bölgelerin en az bir defa kapsanmasını sağlayacak şekilde minimum tesis açmaktır.

Kısıtlar:

Tüm talep bölgelerinin bir veya birden fazla kapsanması istenmiştir.

Beş dakikanın altında müdahale edilmesi amaçlanmıştır,

Bölüm 3’de denklem (17) – (21) matematiksel modeli verilmiştir.

Excel programı yardımıyla yapılan çözümde, tüm talep bölgelerine 5 dakikada ulaşılabilmesi için 5 tesis yeri önerilmiştir. Daha sonra ilçelerde mevcut bulunan 4 itfaiye istasyonu olduğu için, 4 istasyon açılmıştır. Bunlar Şekil.15’de mevcut itfaiye istasyonları ile gösterilmiştir.



Şekil.15. İtfaiye İstasyonlarının Maksimum Kapsama Çözümüne Göre Dağılımı

Bu çalışmanın kapsadığı üç ilçede toplam 4 itfaiye istasyonu bulunmaktadır. Matematik modelini değiştirip; 4 istasyon açma kısıdı ekleyerek, tüm bölgeleri kapsayacak en kısa süreyi bulmaya çalıştığımızda: 90, 61, 29, 21 bölgelerinde istasyon açılmaktadır. Açılan istasyonlarla 5.24 dakikada tüm bölgeler kapsamaktadır. Bölgeler en yakın istasyona atandığında, ortalama süre 3.02 dakikaya düşmektedir.

5.4. Çözüm Modellerinin Karşılaştırılması

P-medyan problemi ile yapılan çözümde itfaiye istasyonlarının toplam mesafesi en az indirilmeye çalışılarak sonuca gidilmiştir. Birçok tesis yer seçim probleminde bu yaklaşım tercih edilirken, acil hizmet gerektiren ve talep bölgelerinin hepsine aynı düzeyde ve en hızlı şekilde müdahale gerektiren modellerde yetersiz kalmaktadır. İyileştirme çözümleri çok uzun süren ve optimum çözümü garantileyemeyen p-medyan problemleri, genel olarak iyi bir çözüm sunabilse de bazı talep bölgelerine çok uzun sürede hizmet vermektedir. Acil durum gerektiren durumlarda bu konu büyük bir sorun teşkil etmektedir.

Maksimum kapsama modeli tüm talep bölgelerini en yüksek seviyede kapsamayı hedefler, acil durum tesis yer seçimlerinde kullanılması daha uygundur. P-medyan problemlerinin aksine, tüm talep bölgelerine belirli bir sürenin altında ulaşılabilmesini sağlamaktadır. Bu da acil durum planlamalarının daha tutarlı olmasını sağlamaktadır.

Tablo.23. P-Medyan, Maksimum Kapsama Modeli ve Mevcut Durum Karşılaştırması

	P-Medyan Yöntemi	Maksimum Kapsama Modeli	Mevcut Durum
Açılan İstasyon Sayısı	4	4	4
Ortalama Süre (Dakika)	3.37	3.02	5.10
İstasyon Açılan Bölgeler (İstasyonların Olduğu Bölgeler)	14, 30, 38, 69	21, 29, 61, 90	Beşiktaş Şişli Beyoğlu Mecidiyeköy
İstasyonlara En Uzak Bölge (Dakika)	7.47	5.22	9.44

P-medyan ve maksimum kapsama modelleri ile 4 istasyon açılacak şekilde modelleme yapıp, çözüldüğünde; maksimum kapsama modelinin çok daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. P-medyan çözümünün iyileştirme çözümlerinin devam etmesi gerekmektedir. Bu da çok zaman kaybına neden olmaktadır. Ve en iyi sonucu garantilememektedir.

Maksimum kapsama modelinde; en yakın tesise, en uzak bölge 5.22 dakika uzakta olmasına rağmen. P-medya çözümünde bu süre 7.47 dakika olmaktadır (Tablo 23). P-medyan çözümünde birçok bölgenin en yakın tesise 5 dakikanın üzerinde uzaklıkta bulunduğu görülmektedir.

Mevcut durumda, çalışma yapılan üç ilçede bulunan 4 istasyonun yangına ortalama müdahale süreleri 5.10 dakika bulunmuştur. İstasyonların kapsadığı en uzak talep bölgesi 9.44 dakika mesafede bulunmaktadır.

Ortalama süreler incelendiği zaman maksimum kapsama modelinin 3.02 dakika olduğu görülmektedir. P-medyan da bu süre 3.37 dakikadır (Tablo 23). Yaklaşık olarak maksimum kapsama modeli p-medyan modeline göre %19 daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Maksimum kapsama modelinin daha iyi bir sonuç verdiği görüldükten sonra, model çözümüne maksimum kapsama modeli ile devam edilmiştir.

5.5. Mevcut İstasyonların Eklendiği Çözüm Modeli

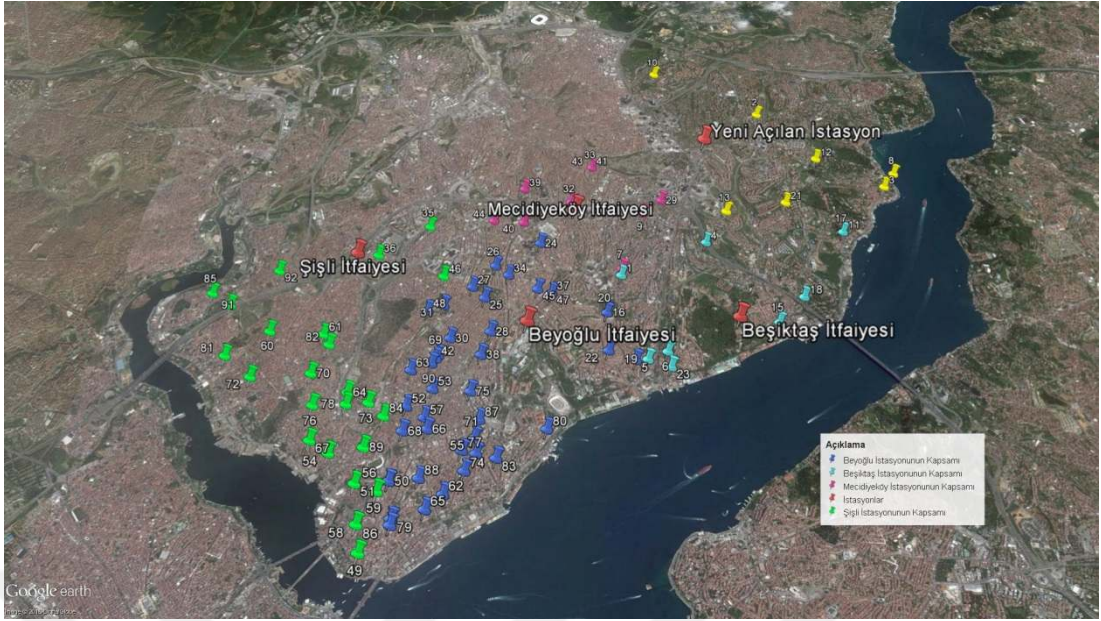
Bu çalışmanın yapıldığı Beşiktaş, Şişli, Beyoğlu ilçelerinde toplamda 4 istasyon bulunmaktadır. Bu 4 istasyon ile bölgeye en hızlı nasıl hizmet verilebileceğini inceledikten sonra, 1 istasyon açıldığında yangınlara ortalama müdahale süresinin nasıl değiştiğini inceleyeceğiz.

Modele mevcut 4 istasyon birer bölge gibi eklendikten sonra, 96*96 matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra en yakın istasyona atanan en uzak bölgenin, atandığı istasyona olan uzaklığı 8.1 dakika olarak bulunmuştur. Bazı talep bölgeleri birden çok istasyon tarafından kapsanmaktadır. Birden fazla istasyon tarafından kapsanan bölgeler en yakın istasyona atandıktan sonra ortalama yangına varış süresi 3.51 dakikaya düşmüştür. En yakın istasyona atanan en uzak talep bölgesi yine 8.1 dakika olarak bulunmuştur. Burada ortalama varış süresinin düşürülmesi hedeflenmiştir.

Tablo.24. Mevcut İstasyonlara Yeni Bir İstasyon Eklendiğinde

İstasyonun Açıldığı Bölge	Kapsanan Bölgeler	Ortalama Varış Süresi
Levent (14. Bölge)	2, 3, 8, 10, 12, 13, 14, 21	3.56
Şişli	35, 36, 46, 49, 51, 54, 58, 59, 60, 61, 64, 67, 70, 72, 73, 76, 78, 81, 82, 84, 85, 89, 91, 92	4.43
Beşiktaş	1, 4, 6, 11, 15, 17, 18, 19, 23	3.23
Beyoğlu	5, 16, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31 34, 37, 38, 42, 45, 47, 48, 50, 52, 53, 55, 56, 57, 62, 63, 65, 66, 68, 69, 71, 74 75, 77, 79, 80, 83, 86, 87, 88, 90	3.53
Mecidiyeköy	7, 9, 29, 32, 33, 39, 40, 41, 43, 44	2.06

92 bölge mevcut 4 istasyondan en yakın olana atandığında, yangına ortalama varış süresi 4.07 dakika olmaktadır. Çözüm modeline ortalama mesafeyi en aza indirecek yeni bir istasyon eklenerek, tekrar çözüm yapıldığında 14. bölgeye bir istasyon açıldığı görülmektedir (Tablo 24). Yangına varış süresi 3.51 dakikaya düşmektedir. Yeni bir istasyonun açılması %7,9 oranında iyileştirme sağlamaktadır.



Şekil.16. Yeni İstasyon ve Bölgelerin Atandığı İstasyonlar

Şekil.16 yeni açılan istasyon ve mevcut istasyonlara atanan bölgeleri göstermektedir. Burada istasyonlar kırmızı renkle gösterilmiştir. Her istasyona atanan bölgeler ise atandıkları bölgelere göre renklendirilmiştir.

Bu çalışmada İstanbul İtfaiyesi bilgi paylaşımında bulunmadığı için mevcut durum ve iyileştirilmiş durum arasında bir kıyaslama yapmak zorlaşmıştır. Kıyaslamayı yaparken bazı varsayımlar kabul edilmiştir. Şişli ilçesinde bulunan iki istasyona talep bölgeleri atanırken, en yakın talep bölgeleri bu iki istasyondan yakın olana atanmıştır. Her ilçede bulunan itfaiye istasyonunun kendi ilçesini kapsadığı varsayılarak bu üç ilçede ortalama yangına varış süresi 5.10 dakika bulunmuştur. Modelimizde bir istasyon daha açıldıktan sonra her bölgenin kendine en yakın istasyona atanmasından sonra ortalama yangına varış süresi 3.51 dakika bulunmuştur. Bu da yeni bir istasyon açıldığında mevcut duruma göre yaklaşık %25,48 iyileştirme olacağını göstermektedir. Bu çalışmada itfaiye araçlarının istasyondan çıkış süreleri sıfır olarak alınmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kullanılan verilerin gerçek veriler ile uyuşması, çalışmanın gerçek hayatta uygulanabilirliğini göstermektedir. İtfaiye istasyonlarının mevcut tesis yerlerinin optimum olmadığı görülmektedir. Tesis yer değiştirme maliyetlerinin fazla olması, mevcut istasyonları çözüme katarak bir model oluşturmayı gerekli kılmıştır. Maksimum kapsama modeliyle yapılan çözümde Levent bölgesine 1 istasyon açılması ve bölgelerin en yakın istasyona atanması durumunda, ortalama yangına varış süresinde %25,48'lik iyileştirme olacağı göstermektedir.

Öneriler:

1. Levent mahallesinde yeni bir itfaiye istasyonunun açılması yangın yerine varış süresini öneli ölçüde azaltacaktır.
2. İkinci bölümdeki istatistikler incelendiğinde, yangınların belirli aylarda belirli bölgelerde daha fazla sayıda olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak New York İtfaiyesinde olduğu gibi mobil itfaiye istasyonlarının olması gerekmektedir. Bir mobil istasyon, birden fazla istasyonun işini yapabilir. Hangi zaman dilimlerinde, nerede yangın daha fazla ise, bu mobil itfaiye istasyonları oralarda bulundurulur. Bu atıl kapasiteyi ortadan kaldırdığı gibi, yangına müdahale süresini de önemli bir ölçüde azaltacaktır.
3. İtfaiye istasyonlarının, ilçeleri kapsamı yerine mahalleleri kapsayacak şekilde hizmet bölgelerinin belirlenmesi gerekmektedir.
4. Gelen acil yangın çağrılarının müdahale boyutunu santral yetkilisi belirtmemeli. Santral görevlisi bilgileri bilgisayara kayıt etikten sonra, anında bilgileri gören uzman karar vericiler yangına müdahale ekibini ve şeklini belirlemeli.
5. Yüksek katlı binalarda tatbikatlar daha sıklıkla yapılmalı.
6. Yangına müdahaleye gönderilecek ekipleri belirleyen karar verici, bu kararı verirken binanın daha önceden belirlenmiş yangın riski ve yangın büyüklüğünü dikkate almalı.

7. İtfaiye bilincinin geliştirilmesi için özel bir ekip kurulmalıdır. Evler ziyaret edilerek bilgilendirmeler yapılmalıdır.

Yangınlar geri dönüşü olmayan önemli zararlara neden olabilmektedir. Günümüzde toplumlar bunu daha iyi algılamaktadır. Bundan dolayı itfaiye organizasyonları arasında sürekli bir bilgi alışverişi olmalıdır. İtfaiye istasyonlarının yerleri belirlenirken, bulunan her bölgeye en hızlı şekilde müdahale yapılabilecek şekilde seçilmesi gerekmektedir.



KAYNAKÇA

- Aktaş, E., Azaydın, Ö., Ülengin, F., Önsel, Ş., & Ağaran, B. (2009). İstanbul'da İtfaiye İstasyonu Yerlerinin Seçimi İçin Bir Model. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 22(4).
- Ankara Büyük Şehir Belediyesi. (2016). *Ankara Büyük Şehir Belediyesi*. 01 20, 2016 tarihinde www.ankara.bel.tr: <http://itfaiye.ankara.bel.tr/yayinlar/itfaiye-kutuphane/itfaiyecinin-el-kitabi.pdf> adresinden alındı
- Arabani, A. B., & Farahani, R. Z. (2012). Facility Location Dynamics: An Overview of Classifications and Applications. *Computers & Industrial Engineering*, 62(1).
- Badri, M. A., Mortagy, A. K., & Alsayed, C. A. (1998). A Multi-Objective Model for Locating Fire. *European Journal of Operational Research*, 110.
- Ballı, H. (2014). Bulanık Doğrusal Programlama Modeli İle Bir kamu Kurumu İçin Tesis Yer Seçimi. *Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Harekat Araştırması ANa Bilim Dalı*. Ankara.
- Bastı, M. (2012). P-Medyan Tesis Yer Seçimi Problemi ve Çözüm Yaklaşımı. *Online Academic Journal of Information Technology*, 3(7).
- Berkdemir, C. (2012). İtfaiye Teşkilatının Yangınla Mücadelesinde Stratejik Yönetim. *Okan Üniversitesi*. İstanbul.
- Çatay, B. (2011). İstanbul'da İtfaiye İstasyonu Yer Seçiminde Risk Faktörüne Dayalı Bir Çoklu Kapsama Yaklaşımı. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 22(2).
- Durak, İ., & Yıldız, M. S. (2015). P-medyan Tesis Yeri Seçimi Problemi: Bir Uygulama. *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(2).
- Erden, T., & Coşkun, M. Z. (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yardımıyla İtfaiye İstasyon Seçimi. 13. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. Ankara: TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası.
- Farahani, R. Z., SteadieSeifi, M., & Asgari, N. (2009). Multiple criteria facility location problems: A survey. *Applied Mathematical Modelling*, 34(7).

- Gürsel, H. (1972). Kuruluş Yeri Teorileri. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 27(2).
- İBB İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İBB İtfaiye Daire Başkanlığı*. 01 20, 2016 tarihinde itfaiye.ibb.gov.tr: itfaiye.ibb.gov.tr/tr/ferman.html adresinden alındı
- İBB İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İBB İtfaiye Daire Başkanlığı Tarihi*. 01 20, 2016 tarihinde itfaiye.ibb.gov.tr: itfaiye.ibb.gov.tr/tr/tarihce.html adresinden alındı
- İstanbul Büyük Şehir Belediyesi. (2016). *İstanbul Büyük Şehir Belediyesi (İBB)*. 01 20, 2016 tarihinde www.ibb.gov.tr: http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/Kurumsal/Birimler/ItfaiyeDB/Pages/AnaSayfa.aspx#.VwEsmfmLTIU adresinden alındı
- İstanbul İtfaiye Daire Başkanlığı. (2016). *İstanbul İtfaiyesi İstatistikler*. 01 20, 2016 tarihinde www.ibb.gov.tr/sites/itfaiye: http://itfaiye.ibb.gov.tr/tr/istatistikler.html adresinden alındı
- Kılıç, A. (2010). *Ateşi Tutan Eller*. İstanbul: Teknik Yayıncılık Grubu.
- Klose, A., & Drexler, A. (2005). Facility Location Models for Distribution System Design. *European Journal of Operational Research*, 162(1).
- Mimarlar Odası Ankara Şubesi. (2003). *Ankara Mimarlar Odası*. (T. Lütfi, Dü.) 2 15, 2016 tarihinde www.mimarlarodasiankara.org: http://www.mimarlarodasiankara.org/index.php?Did=2473 adresinden alındı
- Owen, S. H., & Daskin, M. S. (1998). Strategic Facility Location: A Review. *European Journal of Operational Research*, 111(3).
- Özçakal, N., & Bastı, M. (2012). P-Medyan Kuruluş Yeri Seçim Problemi Çözümünde Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması Yaklaşımı. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 41(22).
- Selim, H., & Özkarahan, İ. (2003). Acil Servis Araçları Yerleşiminin Belirlenmesinde Yeni Bir Model. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 14(1).

Türk Dil Kurumu. (2016). *www.tdk.gov.tr*. 01 20, 2016 tarihinde Türk Dil Kurumu:
www.tdk.gov.tr adresinden alındı

Wikipedia. (2016). 01 21, 2016 tarihinde *www.tr.wikipedia.org*:
www.tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0tfaiye adresinden alındı

Yang, J., He, H. S., & Gustafson, E. J. (2004). A Hierarchical Fire Frequency Model To Simulate. *Ecological Modelling*, 180.

Yang, L., Jones, B. F., & Yang, S.-H. (2007). A Fuzzy Multi-Objective Programming For Optimization. *European Journal of Operational Research*, 181.

Yüksel, N. (1951). *Yangın ve Söndürme Teknikleri*. İstanbul: Cemal Azmi Matbaası.

EKLER

EK 1: Bölgeler Arasındaki Mesafeler

Tablo.25. Bölgeler Arasındaki Mesafeler (Dakika)

[illegible]

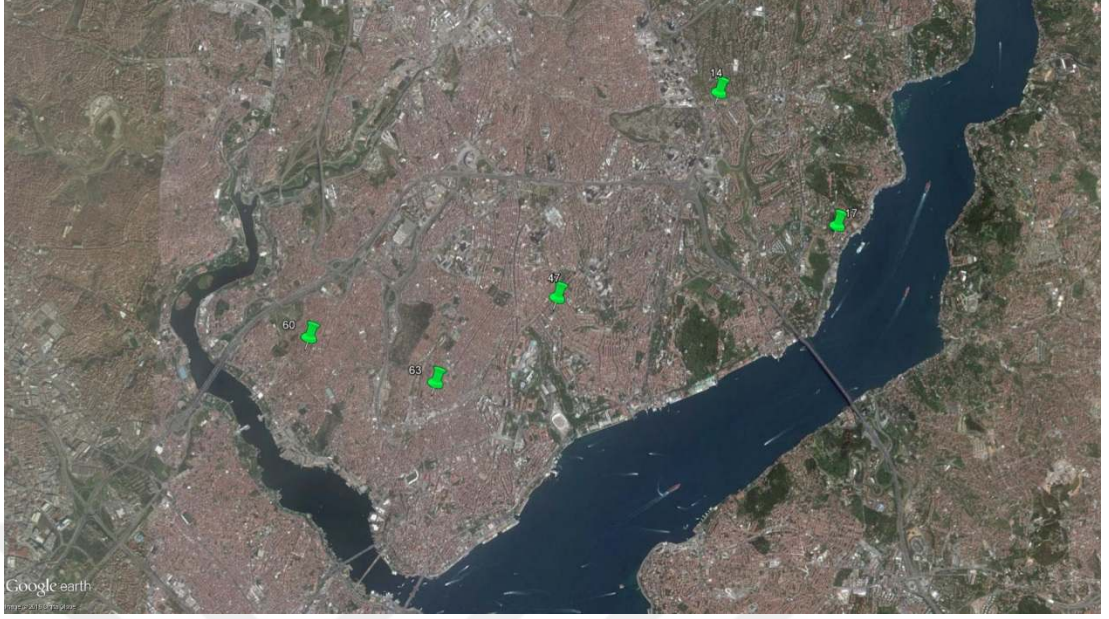
30	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
1005	1008	624	723	1103	747	505	802	1151	509	1027	831	920	739	944	570	618	631	622	636	69	70	1162	71	808	633	755	775	79	1065	63	1139	837	788	83	84	1254	65	86	67	930	1005	60	91	1178	92	94	340	532		
2079	7142	1839	1797	2173	1821	2079	1876	2234	2100	1954	1975	1813	2041	2024	1892	2197	1936	1710	2016	1739	2235	1994	1842	1706	2129	1848	2043	2137	1939	2263	1976	1742	1979	2161	2149	1744	2003	2079	1745	2156	1951	1670	796	1374	909	1670	345			
2157	2241	1737	1835	2252	1839	2457	1934	2202	2054	1840	2054	1849	2192	1970	2182	1978	2122	1970	2125	1872	2234	1930	2182	2063	1875	2205	1876	2247	2122	2048	1811	2127	2122	2047	1816	2151	2260	2028	2179	686	1433	302	205	1749	280					
1435	1294	1234	1153	1509	1145	1159	1212	1560	1476	1246	1336	1300	1311	1118	1335	1228	1333	1252	1046	1435	1372	1324	1268	1042	1265	1194	1378	1475	1318	1309	1158	1317	1485	1101	1338	1215	1382	1415	1081	1412	1287	1076	2380	71	437	927				
870	933	689	588	964	612	870	667	1015	915	1037	885	766	609	808	635	683	988	746	525	685	584	1026	775	673	497	520	639	634	928	389	1077	839	579	764	1319	939	535	794	876	536	1230	1214	1052	419	376	588	588			
970	1035	911	909	1186	718	970	718	1121	1101	947	978	832	710	914	541	789	1104	936	607	971	806	1142	881	775	719	1141	861	906	1114	904	675	985	1136	946	910	976	642	1234	1278	1116	719	318	440	305	302					
1091	1179	911	809	1186	1130	988	1237	1136	1113	947	978	832	710	914	541	789	1104	936	607	971	806	1142	881	775	719	1141	861	906	1114	904	675	985	1136	946	910	976	642	1234	1278	1116	719	318	440	305	302					
2326	2406	2145	2044	2420	2068	2326	2123	2471	2371	2347	2211	2221	2202	2069	2264	2251	2239	2444	2207	1937	2321	2040	2482	2221	2126	1939	2376	2055	2294	2384	1845	2510	2217	2029	2220	2428	2354	1931	2250	2326	1932	2409	2198	1937	1621	1156				
1320	1411	1147	1045	1422	1069	1422	1125	1474	1312	1274	1001	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266	1129	1266				
1920	2132	1686	1567	2164																																														

EK 2: 8.01 Dakikada Birbirini Kapsayan Bölgeler

Tablo.26. 8.01 Dakikada Birbirini Kapsayan Bölgeler

[illegible]

EK 3: Maksimum Kapsama Modeliyle 5 İstasyon Açıldığında, İstasyon Yerleri



Şekil.17. Maksimum Kapsama Modeliyle 5 İstasyon Açıldığında, İstasyon Yerleri

EK 4: Mahalle Adları ve Bölge Numaraları

Tablo.27. Mahalle Adları ve Bölge Numaraları

Bölge	Mahalle Adı
1	Abbasağa Mahallesi
2	Akatlar Mahallesi
3	Arnavutköy Mahallesi
4	Balmumcu Mahallesi
5	Bebek Mahallesi
6	Cihannüma Mahallesi
7	Dikilitaş Mahallesi
8	Etiler Mahallesi
9	Gayrettepe Mahallesi
10	Konaklar Mahallesi
11	Kuruçeşme Mahallesi
12	Kültür Mahallesi
13	Levazım Mahallesi
14	Levent Mahallesi
15	Mecidiye Mahallesi
16	Muradiye Mahallesi
17	Nispetiye Mahallesi
18	Ortaköy Mahallesi
19	Sinanpaşa Mahallesi
20	Türkali Mahallesi
21	Ulus Mahallesi
22	Vişnezade Mahallesi
23	Yıldız Mahallesi
24	19 Mayıs Mahallesi
25	Bozkurt Mahallesi
26	Cumhuriyet Mahallesi
27	Duatepe Mahallesi
28	Ergenekon Mahallesi
29	Esentepe Mahallesi
30	Eskişehir Mahallesi
31	Feriköy Mahallesi
32	Fulya Mahallesi
33	Gülbahar Mahallesi
34	Halaskargazi Mahallesi
35	Halide Edip Adıvar
36	Halil Rıfat Paşa
37	Harbiye Mahallesi
38	İnönü Mahallesi
39	İzzetpaşa mahallesi
40	Kaptanpaşa Mahallesi
41	Kuştepe Mahallesi
42	Mahmut Şevket Paşa
43	Mecidiyeköy Mahallesi
44	Merkez mahallesi
45	Meşrutiyet Mahallesi
46	Paşa mahallesi

Bölge	Mahalle Adı
47	Teşvikiye Mahallesi
48	Yayla Mahallesi
49	Arapcamı Mahallesi
50	Asmalı Mescit Mahallesi
51	Bedrettin Mahallesi
52	Bostan Mahallesi
53	Bülbül Mahallesi
54	Cami Kebir Mahallesi
55	Cihangir Mahallesi
56	Çatmalı Mescit Mahallesi
57	Çukur Mahallesi
58	Emek Yemez Mahallesi
59	Evliya Çelebi Mahallesi
60	Fetihtepe Mahallesi
61	Firuzaga Mahallesi
62	Gümüşsuyu Mahallesi
63	Hacı Ahmet Mahallesi
64	İstiklal Mahallesi
65	Hacımimi Mahallesi
66	Hüseyinağa Mahallesi
67	Kadı Mehmet Mahallesi
68	Kamerhatun Mahallesi
69	Kalyoncu Kulluk Mahallesi
70	Kaptanpaşa Mahallesi
71	Katip Mustafa Çelebi Mahallesi
72	Keçecipiri Mahallesi
73	Kemankeş Mahallesi
74	Kılıç Ali Paşa Mahallesi
75	Kocatepe Mahallesi
76	Kulaksız Mahallesi
77	Kuloğlu Mahallesi
78	Küçük Piyale Mahallesi
79	Müeyyetzade Mahallesi
80	Ömer Avni Mahallesi
81	Piri Paşa Mahallesi
82	Piyalepaşa Mahallesi
83	Pürtelaş Mahallesi
84	Sururi Mahallesi
85	Sütlüce Mahallesi
86	Şahkulu Mahallesi
87	Şehit Muhtar Mahallesi
88	Tom Tom Mahallesi
89	Yahya Kahya Mahallesi
90	Yeni Şehir Mahallesi
91	Halıcıoğlu Mahallesi
92	Örnektepe Mahallesi

ÖZGEÇMİŞ

23 Kasım 1988 tarihinde Ağrı ilinin Diyadin ilçesinde doğdum. İlköğrenimimi Diyadin 14 Nisan İlköğretim Okulu'nda yaptım. Orta öğrenimimi Ağrı Naci Gökçe Lisesi'nde yaptım. Aile şirketimizde 2 yıl çalıştıktan sonra, 2010-2014 yılları arasında Beykent Endüstri Mühendisliği Bölümünü okudum. 2014-2016 yılları arasında Beykent Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü'nde Endüstri Mühendisliği alanında yüksek lisans yaptım.

Mehmet Cahit YARDIMCI