ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burcu KILIÇARSLAN

DEPREM SONRASI ARAMA KURTARMA KONTEYNERLERİ YERLEŞİM YERİNİN ŞANS KISITLI PROGRAMLAMA MODELİ İLE BELİRLENMESİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2019

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DEPREM SONRASI ARAMA KURTARMA KONTEYNERLERİ YERLEŞİM YERİNİN ŞANS KISITLI PROGRAMLAMA MODELİ İLE BELİRLENMESİ

Burcu KILIÇARSLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez / /2019 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

…….....	...……..	……...……....
Öğr. Gör. Dr. İrfan MACİT	Prof. Dr. Ali KOKANGÜL	Dr. Öğr. Üyesi Esra KARAKAŞ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: MMF2013YL10

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DEPREM SONRASI ARAMA KURTARMA KONTEYNERLERİ YERLEŞİM YERİNİN ŞANS KISITLI PROGRAMLAMA MODELİ İLE BELİRLENMESİ

Burcu KILIÇARSLAN

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Öğr.Gör.Dr. İrfan MACİT
Yıl: 2019, Sayfa:55
Jüri : Öğr.Gör.Dr. İrfan MACİT
: Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Dr. Öğr. Üyesi Esra KARAKAŞ

Bu çalışmada deprem sonrasında arama kurtarma faaliyetlerinde ve tıbbi yardım için kullanılacak olan deprem yardım konteynerlerinin yerleşim yerlerinin belirlenmesi için bir şans kısıtlı matematiksel model önerilmiştir. Şans kısıtlı matematik modeller deterministik modellerden bir kısıt veya kısıt kümesinin olasılıklı olması durumunda kullanılan modellerdir. Şans kısıtlı matematiksel modeller çözümü olasılık içerdiğinden dolayı zor ve sezgisel çözüm yöntemlerinin tercih edildiği matematiksel modellerdir. Bu çalışmada önerilen matematiksel model p-medyan olarak adlandırılan sınıfa aittir. Modelin çözümünde Binary Genetik Algoritma yönteminden yardım alınmıştır. Model sonuçları üç senaryo altında karşılaştırılmış ve senaryo sonuçları arasındaki farklar incelenmştir.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Yardım Konteynerleri, Şans Kısıtlı Modelleme, Stokastik Modelleme, Yer Seçimi Problemi

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION OF THE LOCATION OF SEARCH AND RESCUE CONTAINERS AFTER EARTHQUAKE BY CHANCE CONSTRAINT PROGRAMMING MODEL

Burcu KILIÇARSLAN

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Supervisor: Dr. İrfan MACİT
Year: 2019, Pages:55
Jury : Dr. İrfan MACİT
: Prof. Dr. Ali KOKANGÜL
: Asst. Prof. Dr. Esra KARAKAŞ

In this study, a chance constrained mathematical model is proposed to determine the location of earthquake relief containers to be used for search and rescue activities and medical aid after earthquake. Chance constrained mathematical models are used when a constraint or constraint set of deterministic models is probable. Difficult and heuristic solution methods are preferred in chance constrained modeling because the solution includes probability. The deterministic and stochastic mathematical model proposed in this study belongs to the class called p-median. Binary Genetic Algorithm (BGA) was used as the solution method in the solution of the mathematical model. The results of both deterministic and stochastic mathematical models were compared under three scenarios. As a result, there is no difference between the two scenarios.

Key Words: Earthquake, Aid Containers, Chance Constrained Modeling, Stochastic Modeling, Location Problem

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Tarihin eski çağlarından beri afetlerin insanların hayatını olumsuz etkileyen, kötü sonuçlar doğuran olaylar olduğu bilinmektedir. Meydana gelen afetin etkileri afetin şekline, şiddetine, gerçekleştiği yere göre değişiklik gösterse de, meydana gelen afetler genellikle maddi manevi zarar vermektedir. Afetin çok sayıda çeşidi olsa da, genellikle akla ilk gelen afet, deprem olmaktadır. Depremin yıkıcı ve uzun süren sonuçlarının olması bu şekilde akla gelmesini desteklemektedir. Afetlerden etkilenme oranını düşürmek için çeşitli afet yönetimi modelleri geliştirilmiştir. İnsanlar afetler meydana geldikten sonra, hızla normal hayatlarına geri dönmek isterler. Afet yönetimi bu anlamda insanlara neyi, ne zaman, nasıl yapacaklarını göstermektedir. Afet yönetiminin temel amacı, afetlerin önlenmesi, etkilerinin azaltılması, toplumun afete hazırlıklı olması, kurtarma, ilkyardım faaliyetlerinin doğru olarak gerçekleştirilmesi, tüm faaliyetlerin düzenli bir şekilde yürütülmesi olarak açıklanabilir. Afet yönetiminin amaçları detaylı olarak incelenecek olursa afet öncesi için ve afet sonrası için amaçlar olarak iki temel sınıfta incelenebilir.

Afet öncesinde afet yönetiminin amaçları, erken alınan önlemlerle afetlerin önlenebilmesi, önlenmesi mümkün değilse, ilk yardım, arama, kurtarma faaliyetlerinin en hızlı ve doğru şekilde gerçekleşmesini sağlamaya çalışmak olarak belirtilebilir. Afet sonrasında, afet yönetimi amaçlarının en başında şüphesiz ki en fazla sayıda insanı kurtarmak ve sağlığına kavuşturmak sayılabilir. Bunun dışında, afetten etkilenen insanların ihtiyaçlarını en hızlı sürede karşılamak, doğacak zararları en kısa sürede telafi etmek, sosyal ve ekonomik alandaki kayıpların en düşük düzeyde kalmasını sağlamak gibi amaçlar sıralanabilir.

Yer seçimi ve yerleşim problemleri geçmişten günümüze kadar pek çok alanda kullanılmıştır. İşyerleri, fabrikalar, hastaneler, çeşitli kamu kurumları, acil servis araçları gibi birçok konu hakkında yöneylem araştırmasının bir konusu olan yer seçimi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada olası bir afet durumunda, afetzedelerin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik tasarlanan deprem yardım

konteynerlerinin yer seçimi problemine değinilecektir. Depremin oluştuğu bölgede etkilenen afetzedelerin çeşitli ihtiyaçları doğacaktır. Bu ihtiyaçların en doğru şekilde karşılanması için yardım konteynerlerinin yerleşim yerinin doğruluğu çok önemlidir. Gelişen teknoloji sayesinde afetlerle ilgili verileri toplamak kolay hale gelmiştir. Bu nedenle afet yönetimi da daha detaylı yapılabilmektedir. Çalışmada pilot bölge olarak Adana seçilmiş ve 3 ayrı senaryo altında yardım konteynerlerinin yerleşim problem çözülmüştür. Söz konusu problemde şans kısıtlı stokastik model oluşturulmuş ve GAMS programlama diliyle çözülmüştür. Şans kısıtlı model olmasının nedeni ise, herhangi bir afet sonrasında afetlere ilişkin yaralı sayısı, can kayıplar, lojistik ve tıbbi ihtiyaçlar gibi sayıların önceden bilinememesinden kaynaklanmaktadır.

Deterministik ve stokastik olarak çözülen modelde iki senaryonun planlanan konteyner sayısına uygun olmadığı tespit edilmiştir. Yüksek deprem şiddetli senaryo, planlanan konteyner sayısını karşılamış ve mesafeler en küçüklenecek şekilde sonuca ulaşılmıştır. Sonuç olarak şans kısıtlı model çözümünde küçük şiddetli senaryolarda mesafeleri en küçüklemenin daha az konteyner sayısı ile gerçekleştirilebileceği ve yüksek şiddetli senaryoda planlanan konteyner sayısının mesafeler en küçüklenecek şekilde yerleştirildiği görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Tezimi hazırlama sürecimde her zaman yanımda olan ve yardımını esirgemeyen danışmanım Sayın Öğr. Gör. Dr. İrfan MACIT'e çok teşekkür ederim.

Değerli tez komite hocalarım Sayın Prof. Dr. Ali KOKANGÜL ve Sayın Öğretim Üyesi Doktor Esra KARAKAŞ' a teşekkür ederim.

Hayatımın her anında yanımda olan, bu süreçte beni hiç yalnız bırakmayan yol arkadaşım, değerli eşime çok teşekkür ederim.

Benden desteklerini, fedakarlıklarını hiç esirgemeyen, hep arkamda olduklarını bildiğim değerli aileme çok teşekkür ederim.

Bana çalışma sürecimde her türlü desteklerinden ve dostluklarından dolayı Arş. Gör. Dr. Melek IŞIK ve Arş. Gör. Dr. Olcay KALAN'A çok teşekkür ederim.

Çalışmamı destekleyen Çukurova Üniversitesi BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri) Birimine teşekkür ederim.

Son olarak çalışma motivasyonumu artıran, hayat ışığım canım oğlum, ARAS'IMA sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET III
TEŞEKKÜR V
İÇİNDEKİLER VI
ÇİZELGELER DİZİNİ VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ X
SİMGELER VE KISALTMALAR XII
1. GİRİŞ 1
1.1. Afet Kavramı 1
1.1.1. Doğal Afetler 2
1.1.2. İnsan Kaynaklı ve Teknolojik Afetler 3
1.2. Afet Yönetimi 4
1.2.1. Zarar Azaltma Evresi 6
1.2.2. Hazırlık Evresi 6
1.2.3. Müdahale Evresi 6
1.2.4. İyileştirme Evresi 7
1.2.5. Türkiye'nin Afet Profili 7
1.3. Problemin Tanımı 9
1.4. Problemin Amacı 9
1.5. Beklenen Orijinal Katkı 10
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 11
2.1. Afet Yönetimi ve Afet Sonrasındaki Etkilerle İlgili Yapılan Çalışmalar 11
2.2. Afet Lojistiği Ve Yer Seçimi Konusunda Yapılan Çalışmalar 14
2.3. Türkiye'de Yapılan Afet Lojistiği ve Yer Seçimi Çalışmaları 17
2.3.1. Dünya'da Yapılan Afet Lojistiği ve Yer Seçimi Çalışmaları 19
3. MATERYAL VE METOD 25
3.1. Materyal 26
3.2. Metot 28

3.2.1. Şans Kısıtlı Stokastik Modelleme 29
3.2.2. Binary Genetik Algoritma 36
3.2.3. Genetik Algoritma Geliştirme Adımları 37
3.2.4. GAMS Matematik Programlama Dili 38
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 39
5. SONUÇ 43
KAYNAKLAR 45
ÖZGEÇMİŞ 55

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. 1999-2019 Yılları Arasında Türkiye'de Meydana Gelen Afetler 9
Çizelge 2.1. Afet Yönetimi ve Afet Sonrasındaki Etkilerle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar 12
Çizelge 2.2. Afet Lojistiği Konusunda Yapılan Bazı Çalışmalar 15
Çizelge 3.1. Adana İli İlçelerine Göre Nüfus ve Demografik Bilgiler 26
Çizelge 4.1. İlçe İndisleri 39
Çizelge 4.2. Senaryolara Göre Yerleşim Toplu Sonuçları. 40
Çizelge 4.3. Senaryolara Göre Kapsanan Nüfus Yüzdesi (%) 40

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Afet Çeşitleri 2
Şekil 1.2. Afet Yönetim Sistemi Döngüsü 5
Şekil 1.3. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (AFAD, 2018) 8
Şekil 3.1. Adana İli Nüfus Yoğunluğu, ÇKA (2014) 27
Şekil 3.2. Binary Genetik Algoritma Geliştirme Adımları 38

SİMGELER VE KISALTMALAR

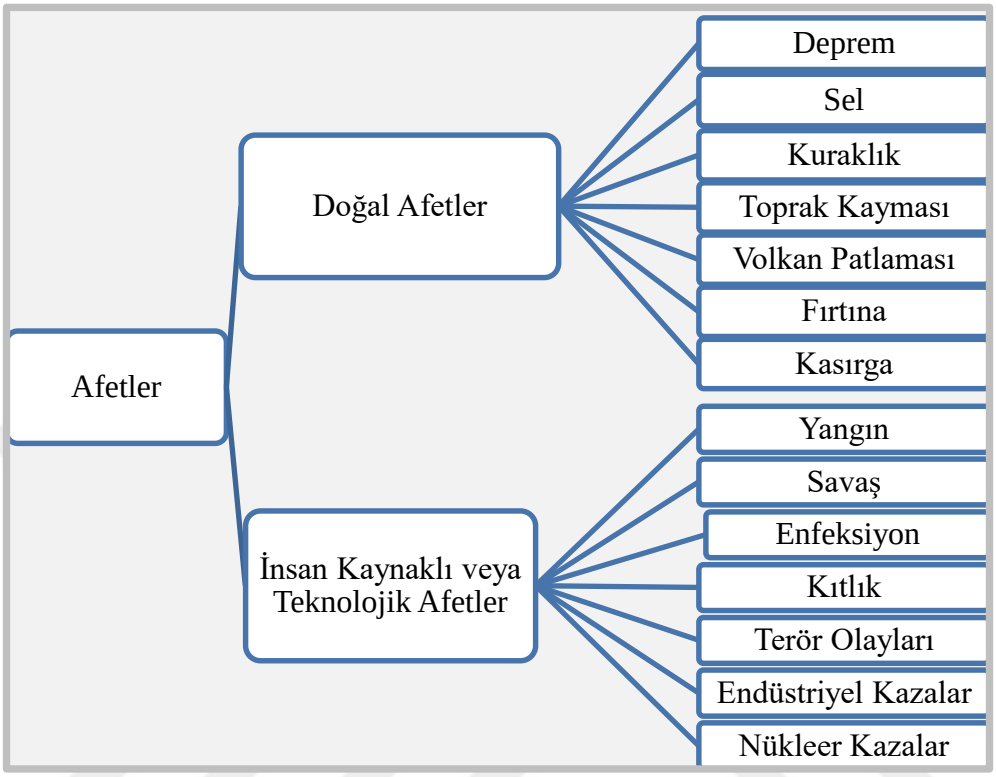
WMO	: World Meteorological Organization
MMO	: Makine Mühendisleri Odası
EM-DAT	: Emergency Event Database
TABB	: Türkiye Afet Bilgi Bankası
GAMS	:General Algebric Modelling Systems
EKM	: En Büyük Kapsama Modeli
KKM	: Küme Kapsama Modeli
CBS	: Coğrafik Bilgi Sistemleri
KKO	: Karınca Kolonileri Optimizasyonu
AHP	: Analytic Hierarchy Process,
AHY	: Analitik Hiyerarşi Yöntem
SMAA	: Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis
ÇKA	: Çukurova Kalkınma Ajansı
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurum Başkanlığı
MAG	: Mahalle Afet Gönüllüleri
GA	: Genetik Algoritma

1. GİRİŞ

İnsanlık, tarihin en eski çağlarında afet ile tanışmıştır. Dünyada farklı zamanlarda farklı büyüklükte meydana gelen, farklı tipteki afetlerden çok sayıda insan etkilenmiştir. Afetler farklı sonuçlar doğurur, buna da her afetin oluşma şiddetinin, afetten etkilenen insan sayısının ve meydana gelen afet tipinin farklılığı neden olur. Bu duruma depremden örnek verilecek olursa 1999 Marmara (Gölcük) depremi ve 2003 Japonya depremleri verilebilir. Marmara'da Ms=7.4 büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiş ve 16000 kişi yaşamını yitirmiştir. Buna karşılık Japonya'da 2003 yılında Ms=7.6 ve Ms=8.0 büyüklüğünde iki deprem meydana gelmiş, bu depremlerin ilkinde birkaç kişi, ikincisinde ise yalnızca 1 kişi yaşamını yitirmiştir. Eski çağlardan beri doğal afetler etkilerini gösterirken günümüzde insanların neden olduğu afetlerin de artış göstermesi dikkat çekmeye başlamıştır. Dikkatsizlik sonucu çıkan yangınlar, çevreye duyarlı olunmadığı için artan küresel ısınma, ihmal sonucu yaşanan patlamalar gibi olaylar bu duruma örnek gösterilebilir. Türkiye jeolojik yapısı, meteorolojik özellikleri, topografyası gibi sebeplerden dolayı çok çeşitli doğal afetlere maruz kalmıştır. Ülke aynı zamanda yüksek zarar görebilirliğe sahip olduğundan meydan gelen bu afetlerde çok sayıda can ve mal kaybı yaşanmıştır. Ülkemizde başta deprem olmak üzere, su baskınları, heyelanlar, çığ düşmeleri, kuraklıklar başlıca doğal afetlerdir.

1.1. Afet Kavramı

Afet, beklenmeyen zamanlarda ortaya çıkan ve hayatın gidişatını olumsuz olarak etkileyen doğa olaylarıdır. Afetler genel olarak, doğal afetler ve insan kaynaklı veya teknolojik afetler şeklinde iki sınıfa ayrılabilir. (Şekil 1.1)



Şekil 1.1. Afet Çeşitleri

1.1.1. Doğal Afetler

Doğal afetler, ansızın veya belli bir süreç içinde oluşup, yerleşim ve üretim alanlarında alışılagelmiş yaşamı bozarak, genel yaşamı etkileyen, doğal yer ve hava hareketleridir (Şahin, 2009). En fazla can ve mal kaybı oluşturan doğal afetleri jeolojik, hidrolojik ve meteorolojik olarak üç başlıkta toplayabiliriz. Jeolojik afetlerin ilk sırasında en büyük can ve mal kaybına yol açan deprem gelmektedir. Hidrolojik afetlere su baskınları ve taşkınlar, meteorolojik afetlere ise fırtına, hortum ve bunlara bağlı hareketler sayılabilir (Macit, 2010). Yeryüzündeki 31 çeşit doğal afetin 28 tanesini meteorolojik afetler oluşturmaktadır. Bu afetlerin oluşma sıklığı ve çeşidi ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Dolu, sel, don, kuraklık, sağanak yağış, taşkın, şiddetli rüzgâr, yıldırım, çığ gibi afetler ülkemizde en sık görülen

meteorolojik kaynaklı doğal afetlerdir. Afetlerin oluşumu bölgelerin çeşitli koşullarına göre (meteorolojik koşullar, jeolojik koşullar, vb.) değişiklik göstermektedir. Örneğin, Akdeniz Bölgesinde sık görülen doğal afetler kuraklık, seller, heyelan, dolu fırtınaları, çığlar, donlardır. Afetlerin büyüklükleri yol açtığı can kayıpları, yaralanmalar, yapısal hasarlar ve maddi kayıplarla orantılı olarak değerlendirilmektedir. Bu faktörlerden en önemlisi insan canı olduğu için afetin büyüklüğü yol açtığı can kayıpları ve yaralanmaların büyüklüğü ile ilişkilendirilmektedir (Erkal ve Değerliyurt, 2009). Dünya Meteoroloji Örgütüne (WMO) göre sadece 1980'li yıllarda dünyada 700,000 kişi meteorolojik afetlerden dolayı hayatını kaybetmiştir (MMO, 1999).

Deprem, afet türleri arasında ortaya çıktıktan sonra yıkıcı etkisini uzun süre gösteren afet türüdür. Toplumların yerleşik düzene geçmeleri ile birlikte barınma ve konaklama yapıları oluşmaya başlamıştır. Yerleşik yaşam koşulları barınma sorununu çözmüştür. Ancak bazı doğa olaylarından daha fazla etkilenmelere yol açmaktadır. Deprem bu doğa olaylarının en başında yer almaktadır. Doğal afetler içerisinde depremin yıkıcı ve uzun süreli etkisinin olmasının bu konunun deprem ile ilişkilendirilmesinde önemi büyüktür.

1.1.2. İnsan Kaynaklı ve Teknolojik Afetler

İnsan kaynaklı afetler, insan aracılığıyla meydana gelen afetlerdir (MEGEP, 2011). Teknolojik afetler, insan faaliyetleri ya da doğal afetlerin tetiklemesi sonucunda oluşan ve can kaybına, hastalıklara, sosyal, ekonomik ve çevresel bozulmalara neden olan afet ya da acil durumlar olarak tanımlanmaktadır.

Her geçen gün teknolojinin hızla ilerlemesi, nüfusun yoğunlaşması, çevre temizliğine özen gösterilmemesi, çarpık kentleşmenin artması gibi nedenlerden dolayı insan kaynaklı ve teknolojik afetler dünya genelinde artış göstermektedir. Uluslararası Afet ve Acil Durumlar Veritabanı (EM-DAT – Emergency Event Database) bilgilerine göre 1985 ile 2000 yılları arasında dünya üzerinde birçok can

ve mal kaybına yol açan 3150 adet teknolojik afet veya büyük kaza kaydedilirken bu sayı 2000 ile 2015 yılları arasında 4432 olmuştur.

Afetler meydana geldiğinde insanların hayatı beklenmedik maddi ve manevi değişimlere uğrar. Böyle bir durumda insanlar vakit kaybetmeden normal hayatlarına geri dönmek isterler. Normal hayata ve düzene geri dönme sürecinde insanlara ancak iyi bir afet yönetim planı yardımcı olabilir.

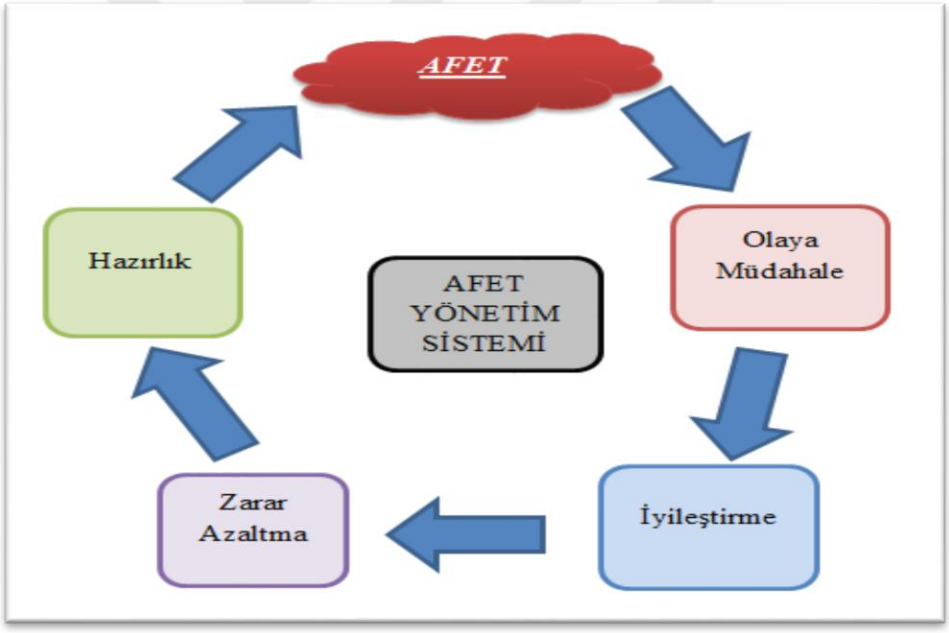
1.2. Afet Yönetimi

Toplumların günlük yaşamları beklenmedik bir anda ve şekilde değişebilmektedir. Bu durum ile karşılaşıldığında insanlar normal hayatlarına geri dönmek ve bir an önce kaldıkları yerden hayatlarına devam etmek isterler. Afet yönetimi insanların afet sonrasında normal hayatlarına geri dönmek için ne, nasıl ve ne zaman yapılmasını gösteren yöntemdir. Türkiye'de afet ve acil durumların yönetiminden sorumlu olan T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı afet yönetimini, "Afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılabilmesi için afet öncesi, afet sırası ve afet sonrasında yapılması gereken idari yasal ve teknik çalışmaları belirleyen ve uygulamaya aktaran, bir olay zamanında, uygulama yapabilmeyi sağlayan ve her olaydan çıkarılan derslerin ışığında mevcut sistemi geliştiren yönetim biçimidir." olarak tanımlamaktadır. Afet yönetimi ilk olarak Amerika Birleşik Devletlerinde soğuk savaş sırasında halkı savaş esnasında gelecek nükleer, biyolojik ve kimyasal savaş etkilerinden korumak için geliştirilmiştir (Pearce, 2003). Afet yönetimini yönetim bilimi açısından incelediğimizde sadece kamusal olarak değil hayatın sürdürülebilmesi için gerekli olan ihtiyaçların karşılanmasına yönelik planlamalar olarak da ele alınmalıdır. Kaynak planlaması, kaynak atanması ve yöneylem araştırmasının diğer tekniklerinin de kullanıldığı bilim dalı olarak düşünülmelidir. Afet sonrasında yardım ekiplerinin lojistik ihtiyacı, yaralıların hastanelere taşınması, oluşan can kayıplarının alacağı hizmetlerin düzlenmesine kadar olan tüm işlemleri yöneylem araştırması biliminin ilgi alanına girmektedir. Modern afet yönetimi tanımında kayıp ve zararların azaltılması,

hazırlık, tahmin ve erken uyarı, afetleri anlamak gibi afet öncesi korumaya yönelik çalışmalar "Risk Yönetimi"; etki analizi, müdahale, iyileştirme, yeniden yapılanma gibi afet sonrası çalışmalar ise "Kriz Yönetimi" olarak kabul edilmektedir (Kadıoğlu, 2008).

Türü ve etkisi ne olursa olsun afet yönetimi 4 temel sınıfa ayrılmalıdır.

i. Zarar azaltma
ii. Hazırlık
iii. Olaya müdahale
iv. İyileştirme



Şekil 1.2. Afet Yönetim Sistemi Döngüsü

Şekil 1.2' de görülen aşamalardan ikisi (hazırlık ve zarar azaltma) afet meydana gelmeden önce yapılan, diğer ikisi ise (olaya müdahale ve iyileştirme) afet meydana geldikten sonra yapılan çalışmaları kapsar. Hazırlık ve zarar azaltma

aşamaları risk yönetimi olarak incelenirken, müdahale ve iyileştirme aşamaları acil durum yönetiminin konusu olarak incelenmektedir.

1.2.1. Zarar Azaltma Evresi

Çeşitli afet tehlikeleri ve onların etkileri sonucu oluşacak can ve mal kaybından kaynaklanacak zararları uzun dönemde azaltmak veya ortadan kaldırmak için yapılan ve sürekliliği olan çalışmalardır (Ergünay, 1996). Afet meydana gelmeden önce yapılması gereken bu aşamada, afetlerin yol açacağı tehlikelerin belirlenmesi, önleyici tedbirlerin alınması, insanların bilinçlendirilmesi, gerekli mevzuatlarda değişiklikler yapılması gibi çalışmalar yer almaktadır.

1.2.2. Hazırlık Evresi

Hazırlık evresinin temel amacı, afetin insanlar üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkilere karşı önlemler alarak, doğru zamanda ve doğru şekilde müdahale için hazırlıklı olmaktır. Bu aşamada yönetimler gerekli kaynakları tanımlamalı, personellerin görev tanımlarını yapmalı, tahmin sistemleri geliştirmeli ve tüm bu süreçleri sürekli güncellemelidir. Afetler aniden ortaya çıkan olaylar olduğu için şiddeti ve etkisinin önceden belirlenmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle hazırlık aşamasında yapılacak olan planlar çeşitli afet senaryolarına göre yapılmalıdır. Örneğin bir deprem durumunda afetzedelerin geçici barınma ihtiyacını karşılamak için çadır kentler kurulmaktadır. Kurulacak olan çadır kentlerin büyüklüğü afetin büyüklüğüne ve şiddetine bağlı olacaktır. Afet olduktan sonraki karışık süreçte yardım konusunda sorun yaşanmaması için, hazırlık evresinde çadır dağıtımının nasıl en uygun şekilde yapılabileceği çeşitli deprem senaryolarıyla tespit edilmelidir.

1.2.3. Müdahale Evresi

Afet sırasında veya hemen sonrasında, en kısa süre içerisinde çok sayıda insan hayatını kurtarma, yaralıların tedavisini sağlama, açıkta kalanların, barınma,

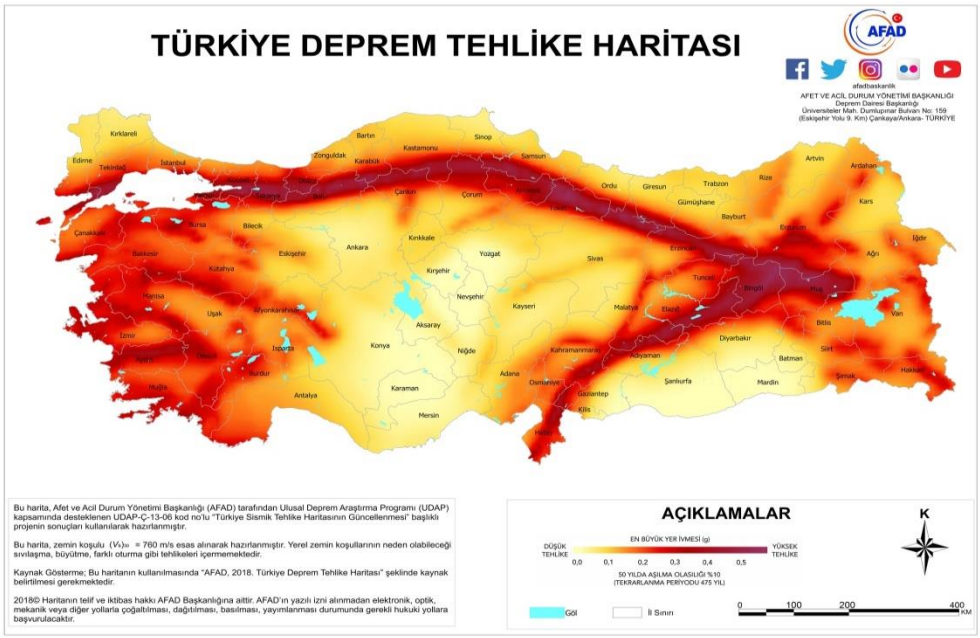
beslenme, tahliye, korunma, ısınma, güvenlik, psikolojik destek gibi hayati gereksinimlerini karşılama çalışmalarının tümüdür (Şahin, 2009). Afetin oluşumundan hemen sonraki 72 saatlik süreci kapsayan ve afetin büyüklüğüne ve etkisine göre 1-2 aylık bir sürede devam edebilen bir süreçtir. Bu süreçten yapılması gereken diğer çalışmalar da ikincil afetlerin (patlama, yangın, salgın hastalık, yıkılmalar vb.) üzerine olmaktadır. Bütün bu faaliyetler kaynaklar doğru bir şekilde kullanılarak, mümkün olan en kısa sürede gerçekleştirilmelidir.

1.2.4. İyileştirme Evresi

İyileştirme evresi, toplumun, kurumların kendi kendilerine çalışabilmeleri, normal yaşamlarına geri dönmeleri ve oluşabilecek tehlikelere karşı korunmalarını sağlayacak yapılanmanın yeniden oluşturulması şeklinde tanımlanabilir (Kadıoğlu, 2008). Afetin meydana gelmesinden hemen sonra başlayan bu evre, afetten sonraki birkaç yılı kapsayabilmektedir. Çok yönlü olan bu evrede, öncelikle afetzedelerin minimum koşullarda haberleşme, barınma, beslenme ve sağlık gibi hayati ihtiyaçları karşılanmalı, daha sonraki süreçte ise ekonomik ve çalışma alanlarında gerçekleştirilecek gelişmeler ile bu desteklerin sürekliliği sağlanarak afetzedelerin en az afetten önceki koşullarına geri dönmesi için bir yaşam standardı oluşturulmalıdır.

1.2.5. Türkiye'nin Afet Profili

Türkiye'de doğal afet konusu genellikle deprem ile anılmaktadır. Türkiye dünyanın aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer alır. Türkiye'nin yüzölçümünün %92'si deprem kuşağı üzerinden bulunmaktadır. Ülkemizin yüz ölçümünün yaklaşık % 42'si birinci derece deprem kuşağı üzerinde, %66' sı birinci ve ikinci derece deprem kuşağı üzerinde bulunur ve nüfusun yaklaşık %70' i bu bölgede yaşamaktadır (Birinci, 2013).



Şekil 1.3**.** Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası (AFAD, 2018)

Türkiye Afet Bilgi Bankasının (TABB) hazırlamış olduğu veriler dikkate alındığında, Türkiye'de son 20 yılda can ve mal kayıplarına neden olan afetlerin başında deprem gelmektedir. Bunu fırtına, sel, çığ ve toprak kayması gibi afetler takip etmektedir. (Çizelge 1.1)

Çizelge 1.1. 1999-2019 Yılları Arasında Türkiye'de Meydana Gelen Afetler (TABB)

Afet Tipi	Can Kaybı	Yaralı Sayısı	Hasarlı Bina	Yıkılan Bina
Deprem	24.348	35.641	470.580	220
Fırtına/Kasırga	172	292	1.554	4
Sel	109	105	44.524	327
Çığ	109	70	147	15
Toprak Kayması	24	32	4.465	327

1.3. Problemin Tanımı

İnsanların yaşadıkları bölgelerde afetlerden en az zarar görmesi için yapılacak olan faaliyetlerden birisi uygulama planlamaları yapılmasıdır. Yapılacak olan bu planlamalar sayesinde afetin yıkıcı etkisi ve insanların etkilenme oranı azaltılacaktır.

Bu çalışmada insanların afetlerden sonra en verimli şekilde yardım alacağı şekilde yardım konteynerleri yerleşimi yapılması hedeflenmektedir. Çalışmada Adana bölgesi çalışma bölgesi olarak seçilmiştir. Bölgeye yerleştirilmesi planlanan yardım konteynerleri için 3 adet senaryo oluşturularak model oluşturulması planlanmaktadır. Oluşturulan model GAMS programlama dili kullanılarak çözülecektir.

1.4. Problemin Amacı

Bu çalışmanın amacı beklenmeyen anlarda ortaya çıkan afet sonrasında deprem yardım konteynerlerinin en çok afetzedeye ulaşmasını sağlayacak modeli geliştirmektir. Geliştirilen matematiksel model deprem öncesinde bir planlama çerçevesi içinde afetzedelere yardım planlamalarının yapılmasına yardımcı olacaktır. Depremin oluştuğu bölgede etkilenen afetzedelerin çeşitli ihtiyaçları doğacaktır. Bu ihtiyaçların en doğru şekilde karşılanması için yardım konteynerlerinin yerleşim yerinin doğruluğu çok önemlidir. Teknolojideki gelişmeler sayesinde önceki afetlerden veriler elde edilebilir. Bu veriler sayesinde yeni modeler oluşturmak ve çeşitli senaryolarla planlar oluşturmak daha kolay hale

gelecektir. Böylece geliştirilen afet senaryoları ile elde edilen sonuçlardan bazıları afet durumlarında zarar ve risklerin azaltılmasında kullanılabilir. Bu çalışmada göz önüne alınan senaryolar haricinde diğer iç ve dış etkenler göz önüne alınmamıştır. Depremin diğer etkenlerinin bunun dışında tutulması veya ikincil etki olacağı göz önüne alınmalıdır.

1.5. Beklenen Orijinal Katkı

Yer seçimi konusunda yapılmış birçok çalışma vardır. Kurulacak itfaiye istasyonları için yer seçimi, acil servis ambulans istasyonlar yer seçimi, gaz dağıtım şebeke tasarımı, tehlikeli atık depo alanları örnek olarak sayılabilir. Afetlerle ilgili yapılan çok sayıda çalışmada hazırlık, zarar azaltma, önleme gibi problemler incelenmiştir. Yapılan çalışmanın deprem sonrasında zarar azaltma ve müdahale evrelerine de katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Afet yönetimi kapsamında literatürde afet olması durumunda karşılaşılan sorunlar, risk yönetimi, istatistiksel analizler, kaynakların yer seçimi, lojistiği, tahsisi, yönetimi gibi konularda yapılan çalışmalara rastlanmaktadır. Bu çalışmada afet konusunda daha önce yapılan çalışmalar kaynakların lojistiği, tahsisi, yer seçimi konularında yapılmış olan çalışmalar ve konuyla yakından ilgili olması açısından afet yönetimi ve afet sonrasındaki etkilerle ilgili çalışmalar olmak üzere sınıflandırılmıştır.

2.1. Afet Yönetimi ve Afet Sonrasındaki Etkilerle İlgili Yapılan Çalışmalar

Ülkemiz doğal afetler konusunda coğrafi konumundan dolayı oldukça deneyimlidir, ancak ülkemizde çağdaş anlamda "Afet Yönetiminin" tartışılmasına 1992 Erzincan ve 1995 Dinar depremlerinden sonra başlanmıştır. (Işık ve Ark., 2012).

Afet ve afet sonrası faaliyetlere yönelik yapılmış çalışmalar incelendiğinde afet ve afet yönetimi konusunda yapılan akademik çalışmaların daha çok önleyici çözümlere yönelik olduğu gözlemlenmektedir. Literatür incelendiğinde yapılan çalışmalarda genellikle, sağlık merkezlerinin afete hazırlığının incelenmesi veya afetzedelerin psikolojik durumlarının değerlendirilmesine rastlanmıştır. Çizelge 2.1' de ilgili konuda yapılmış olan bazı çalışmalar görülmektedir. Çizelge 2.1.' deki sınıflandırmada verilen çalışmalara paralel yapılan çok fazla çalışma yapılmıştır. Kullanılan yöntemler çoğunlukla anket uygulaması ve değerlendirmesi, hastanelerin afet planlarının incelenmesi ve yorumlanması şeklinde olmuştur. Bu çalışmaların bazı örnekleri Çizelge 2.1' de görüldüğü gibidir.

Çizelge 2.1. Afet Yönetimi ve Afet Sonrasındaki Etkilerle İlgili Yapılan Bazı Çalışmalar

Çalışma Yılı	Yazar(lar)	Konu	Kullanılan Yöntem
1999	Chengalur-Smith ve Ark.	Afet Tahmini	Senaryo Analizi
2002	Wei ve Ark	Sel Felaketi Modelleme	Simülasyon/ Yapay Sinir Ağları
2004	Bakır	Depreme Hazırlıktaki Eksiklerin Tespiti	Literatür Analizi
2005	Karancı ve Ark.	Depremin Sosyal Davranış Etkisinin Araştırılması	Anket Uygulaması
2007	Doğan	Afet Yönetimi Ve İnsan Kaynakları Yönetimi	Anket Uygulaması Ve Hipotez Testleri
2009	Türk Tabipler Birliği	Doktorların Afete Hazırlık Düzeyinin Tespiti	Hastane Afet Planları Değerlendirme
2010	Top ve Ark.	Afet Yönetimi Planlama Ve Kapasite Belirleme	Hastane Afet Planları Değerlendirme
2010	Vatan ve Salur	Hemşirelerin Deprem Afet Planı Hakkında Deneyimleri İnceleme	Hastane Afet Planları Değerlendirme
2012	Adaş ve Ark.	Afet Yönetimi	Litaratür Analizi
2012	İnal ve Ark.	Afet Hazırlık Planı	Anket Uygulaması/ Kikare Ve T Testi

Chengalur-Smith ve Ark. (1999), çalışmalarında deprem, sel, fırtına, nükleer kaza ve petrol yayılması gibi afetlere göre oluşturulan senaryonlar ile tahmin yöntemleri belirlemişlerdir. Afetlerin birden fazlasının aynı anda meydana gelmesi ile ilgili paralel senaryolar geliştirmişler ve sonuçların neler olabileceğini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Yaptıkları durum analizi sonuçlarında etkin faktörleri ve karakteristiklerini belirleyerek müdahalenin etkin olması için çözüm getirmeye çalışmışlardır. Faktör model analizinde finansal, sağlıkla ilgili eylemlerin etkilerini de aynı zamanda belirlemişlerdir. Wei ve Ark. (2002), simülasyon ve yapay sinir ağı modelleri ile Çin' de oluşan yaklaşık elli yıllık sel felaketlerini modellemişlerdir. Yapay sinir ağı ile gerçek verilerin öğrenme ve test etme aşamalarını modelledikten sonra belirledikleri yöntemlere göre yeni bir tahmin yöntemi ile tahmin yaklaşımında bulunmuşlardır. Bakır (2004), çalışmasında Türkiye'de 1999 yılındaki depremde

ortaya çıkan yıkıcı etkinin daha çok alınmayan önlemler, eksik kanun, yönetmelik ve idari eksiklikten kaynaklandığını göstermiştir. Çalışmasının ana amacı ülkenin deprem gibi doğal bir afet karşısında eksikliklerini gidermesi için bir öneri niteliğindedir. Depremin yıkıcı olan fiziksel etkisinin yanı sıra alınmayan önlemlerin de en az deprem kadar yıkıcı olduğundan söz etmiştir. Afetlerin yıkıcı etkisinin önleyici önlemler alınarak azaltılabileceğini ileri sürmüştür. Karancı ve Ark. (2005), 2002 yılında Çankırı'da dört bin hane halkı üzerinde depremin sosyal davranışa etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada örneklem tamamıyla rasgele seçilmiş katılımcılardan oluşturulmuş ve doğal afetlerin yıkıcı etkisinin yanı sıra sosyal ve psikolojik etkileri araştırılmıştır. Sonuçta, bu çalışmanın, oluşabilecek başka bir doğal afette karşılaşılabilecek olağan sosyal yıkıcı durumlara karşı önlem alınabilmesi açısından çok önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Doğan (2007), afet yönetimi ve insan kaynakları yönetimi ile ilgili literatür araştırması yapmış ve uygulama için anket çalışması yapmıştır. Sağlıkta insan gücü planlamasının öneminin doğru olarak tespit edilebilmesi amacıyla, veri toplamak için uygulanan anket, bir doğal afet müdahalesinin yaşandığı dönemde Türk Kızılayı'nda görev yapan personele yöneltilmiştir. Çalışma sonucunda çeşitli hipotezler geliştirilerek anket sonuçları hipotez testleriyle analiz edilmiştir. Türk Tabipler Birliği (2009), 74 ilde yaptığı çalışmada, doktorların çalıştıkları sağlık kuruluşunun acil durumlardaki hazırlık düzeylerine yönelik değerlendirmeleri incelemiştir. Risk analizi, afet planı, afet planı eğitimi, afet planı tatbikatı, kitlesel yaralanma hazırlık planı, alternatif muayene ve tedavi alanları ve tahliye planı ile ilgili hastanelerin yapmış olduğu çalışmaların araştırmaya katılan hekimler tarafından yeterli bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Top ve Ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada hastanelerde afet planları ve özellikleri ile acil durum hizmet kapasitesinin belirlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmalar araştırılmıştır. Hastanelerin çoğunun yazılı afet planı olduğu, ancak planın tatbikatının devlet hastanelerinin %63,5' inde, üniversite hastanelerinin %31.8' inde ve özel hastanelerin %80' inde yapıldığı sonucuna varılmıştır. Vatan ve Salur (2010),

İzmir'deki 39 hastanede yaptıkları çalışmada yönetici hemşirelerin deprem afet planlarına ilişkin deneyimleri ve görüşleri incelemişlerdir. Çalışma sonucunda hastanelerde afet planı bulunmasına rağmen birçok sorunla karşılaşıldığından, ayrıca hastanelerin kaynaklarının olası bir deprem durumu için yetersizliğinden ve hastane binalarının depreme dayanıklı olmadığından söz etmişlerdir. Adaş ve Ark.(2012), acil tıbbi plan, organizasyon ve felaket yönetimin nasıl olacağını geçmiş çalışmaları inceleyerek analiz etmiştir. Çeşitli afet plan örnekleri incelendikten sonra yazarlar hastane kapasitelerinin çoğunun acil durumlar için yetersiz olduğunu, planların kesinlikle kısa vadeli olmaması, afet sonrası etkilerin uzun süreceği düşünülerek kısa, orta ve uzun vadede yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Afetlerin birincil etkisi yanında ikincil etkilerinin ayrıca hesaplanmasının ve çözüm önerileri belirtilmesinin çok önemli olduğu sonucuna varmışlardır. İnal ve Ark.(2012), çalışmalarında 291 öğrenciden oluşan bir araştırma grubu oluşturmuştur. Araştırmada veri toplama yöntemi olarak anket formu düzenlemişler ve bu formda afet bilinci ile ilgili 10 soruya yer vermişlerdir. Veriler ki-kare ve t testi ile değerlendirilmiştir. Bu durumda, 285 öğrencinin %74' ü temel afet bilinci eğitimi almamış olduğu, 249 öğrencinin %85.9'u afet hazırlık planı yapmamış olduğu, 266 öğrencinin %88.7'nin acil durum çantası olmadığı ortaya çıkmıştır. Çalışmaya katılan öğrencilerin afet bilinci puan ortalaması 10 üzerinden 3.00±1.58 olmuştur.

2.2. Afet Lojistiği Ve Yer Seçimi Konusunda Yapılan Çalışmalar

Afet yönetiminin etkinliğinin artmasındaki en önemli faaliyetlerden birisi afet öncesinde planlanan, afet sonrasında uygulanan afet lojistiğidir. Literatürde afet yönetimine ilişkin problemlerin araştırılmasında; afet lojistiği, insani yardım lojistiği ve acil durum lojistiği konu başlıklarına rastlanmaktadır. Bu problemler de üç ana başlıkta toplanmaktadır: tesis yer seçimi, stok (envanter) yönetimi ve şebeke yönetimi. Doğal afette ortaya çıkacak istenmeyen sonuçların önlenmesi ve karşılaşılacak muhtemel zararın azaltılması için hızlı ve etkin bir lojistik faaliyetin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Literatürde afet kapsamında gerçekleştirilen

lojistik faaliyetler için acil durum lojistiği ya da insani yardım lojistiği kavramlarının eş anlamlı olarak kullanıldığı görülmektedir. Afet yönetiminin lojistik faaliyetlerin planlanması ve uygulanmasına yönelik çalışmalar ise yöneylem araştırması (Operation Research) alanında yer almaktadır. Bu alandaki afet lojistiği problemleri ile ilgili birbirinden farklı modelleme ve çözüm yöntemleri kullanılmıştır. Afet lojistiği problemlerinin çözümünde, matematiksel programlama, olasılık teorisi ve istatistikler, simülasyon, karar teorisi, bulanık kümeler, sezgisel yöntemler ile kuyruk teorisi yöntemi sık kullanılan yöntemlerdir. Matematiksel programlama ile olasılık teorisi ve istatistikler en çok kullanılan çözüm yaklaşımlarıdır (Altay ve Green, 2005). Daha önce de söz edildiği gibi, çoğu matematiksel modellere dayanan bu çalışmalardan bazıları Çizelge 2.2' de örneklenmiştir.

Çizelge 2.2. Afet Lojistiği Konusunda Yapılan Bazı Çalışmalar

Çalışma Yılı	Yazar(lar)	Konu	Kullanılan Yöntem
1973	Toregas ve ReVelle	İtfaiye İstasyon Yerleşimi	Kapsama Modeli
1974	Church ve ReVelle	İtfaiye İstasyonları Yer Tespiti	Enbüyük Kapsama Modeli (EKM)
1992	Koehler ve Ark.	Yaralı Toplama Noktaları Tespiti	Simülasyon Modelleme
1998	Badri ve Ark.	İtfaiye İstasyonları Yer Tespiti	KKM/ Hedef Programlama
1998	Owen ve Daskin	Stratejik Tesis Yeri	Matematiksel Modelleme
2003	Brotcarne ve Ark.	Acil Servis Araçlarının Yerleşimi	Litaratür Analizi
2004	Yang ve Ark.	İtfaiye İstasyonları Yer Tespiti	KKM
2004	Yi ve Ozdamar	Afet Yönetimi	Dinamik/Bulanık Lojistik Model
2005	Dekle ve Ark.	Afet İyileştirme Merkezi Yer Tespiti	Küme Kapsama Modeli (KKM)
2005	Hale ve Moberg	Güvenli Bölge Oluşturulması	KKM
2006	Liu ve Ark	İtfaiye İstasyonları Yer Tespiti	CBS İle Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO)

2007	Chevalier ve Ark.	İtfaiye İstasyonları Yer Tespiti	Karar Destek Sistemi
2007	Soon	Tedarik Zinciri İçin Yer Tespiti	Senaryo Tabanlı Modelleme
2007	Şahin ve Ark.	Kan Merkezi İçin Yer Tespiti	P Medyan Modeli/Küme Kapsama Modeli/Tamsayılı Modelleme
2007	Tzeng ve Ark.	Dağıtım Sistem Tasarımı	Bulanık Çok Amaçlı Lineer Programlama
2007	Wu ve Ark.	Hastane Yer Seçimi	AHP
2007	Yi ve Özdamar	Afet Sistemleri İçin Dağıtım Ve Yer Seçimi	Senaryo Analizi
2008	Balcik ve Beamon	Yardım Malzemesi Konuşlandırması	Senaryo Tabanlı Modelleme
2008	Cebeci ve Kılınç	Kuruluş Yeri Seçimi	Analitik Hiyerarşik Yöntem (AHY)
2008	Çatay ve Ark.	İtfaiye İstasyonları Yer Tespiti	Küme Kapsama Modeli
2009	Aydın ve Ark.	Hastane Yer Seçimi	AHP
2010	Erden ve Ark.	İtfaiye İstasyonları Yer Tespiti	AHP- Coğrafik Bilgi Sistemleri(CBS)
2010	Mete ve Zabinsky	Tıbbi Malzeme İçin Yer Seçimi Ve Kapasite Planlama	Stokastik Modelleme
2010	Zhu ve Ark	Acil Durum Kaynak Depo Yer Seçimi	Matematiksel Modelleme
2011	Campbell ve Jones	Lojistik Malzeme Konuşlandırması	Matematiksel Maliyet Modelleme
2011	Çatay	İtfaiye İstasyonu Yeri Belirleme	0-1 Tamsayılı Doğrusal Modelleme
2011	Çelebi	Bir Afet Yardım Merkezinin Sezgisel Algoritmalar Yardımıyla Konumlandırılması	Sezgisel Modelleme
2011	Duran ve Ark.	Afet Deposu Yerinin Ve Stok Kapasitesinin Belirlenmesi	Geçmiş Verilerle Test Etme
2011	Hu	A Container Multimodal Transportation Scheduling Approach Based on Immune Affinity Model for Emergency Relief	Rota Seçim Modeli
2012	Şimşek ve Yeniay	Yaralı Toplama Noktaları	Maksimum Küme Kapsama Modeli/SITUATION Yazılımı

2013	Roh ve Ark.	Afet Lojistiği İçin Kriter Analizi	Analitik Hiyerarşik Proses (AHP) Yöntemi
2014	Ağdaş ve Ark.	Afet Dağıtım Merkezi İçin Yer Seçimi Çalışması	Smaa-2 Tekniği
2014	Safeer ve Ark.	İnsani Yardım Dağıtımı	Verimlilik Çalışması
2015	Arslan ve Erdem	İnsani Yardım Lojistiğinde Konteyner Kullanımında Talep Ağırlıklı Mesafe Ve Maliyet Modelleri	Matematiksel Modelleme
2015	Ahmadi ve Ark.	Depo Yerleşimi ve Araç Rotalama	Stokastik Modelleme

2.3. Türkiye'de Yapılan Afet Lojistiği ve Yer Seçimi Çalışmaları

Genel anlamda afet lojistiği faaliyetleri; ilk yardım malzemeleri, yiyecek, ekipman ve arama kurtarma ekibinin tedarik noktasından, afet bölgesinde coğrafi olarak dağınık çok çeşitli noktalara dağıtımı; afetzedelerin afet bölgesinden tahliyesi, emniyetli ve çok hızlı bir şekilde sağlık merkezlerine transferinin yapılmasıyla ilgili faaliyetlerdir (Barbarosoğlu ve Ark., 2002). Afet anında ve sonrasında, yardım malzemelerinin afetzedelere ulaştırılması, bu malzemelerinin doğru ve düzenli bir şekilde teslim edilmesi ve söz konusu afetzedelere manevi desteğin sağlanmasında kurulacak dağıtım merkezlerinin uygun yerleşimi önemli bir etkendir. Şahin ve Ark. (2007), Türk Kızılay Derneğinin kan servis hizmetlerinin bölgeselleşmesine yönelik çalışmalarında bölgesel kan merkezlerinin yer tespiti kan istasyonlarının bu bölgesel merkezlere atanması, kan merkezlerinin servis bölgelerinin belirlenmesi, kan merkezi istasyonlarının yer ve sayıları ile mobil kan birimlerinin filo büyüklüğü tespitine yönelik problemi hiyerarşik yapıda üç alt probleme bölerek incelemiştir. İlk alt talep noktalarına hizmet veren p sayıdaki kan merkezi istasyonuna hizmet veren q sayıda bölgesel kan merkezinin yerinin tespitini p medyan problemi; ikinci alt problem destekleyici kan istasyonları gibi tesislerin belirlenmesine yönelik olarak

küme kapsama problemi ve üçüncü alt problem ise mobil birimlerin dağıtımına yönelik olarak tamsayılı programlamaya uygun modellenmiştir.

Cebeci ve Kılınç (2008), çalışmaları kapsamında karmaşık bir sorun olan kuruluş yeri seçimi sorunu için hiyerarşik bir matematiksel model kurmuş ve bu modelin çözülmesi için Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) kullanılmıştır. Model yeni bir yatırım yapmayı planlayan İstanbul'daki özel bir hastane için hastane yeri seçimi sürecinde uygulanmıştır. Projeden sorumlu ekip öncelikle AHY' ye uygun şekilde ölçütleri hiyerarşik yapıya sokmuş ardından ikili kıyaslamalar ile ana ve alt ölçütlerin ağırlıklarını belirlemiştir. Belirlenen 3 alternatif hastane yeri alt ölçütler üzerinden kıyaslanmış ve toplamda aldıkları puanlara göre sıralanmışlardır. Çatay ve Ark. (2008), İstanbul'da itfaiye bünyesindeki acil yardım istasyonlarının yer tespiti konusunu küme kapsama ve maksimum küme kapsama temelli yedek çift kapsama problemi olarak ele almıştır. Çelebi (2011), afet yardım merkezi için yer seçimi problemini ele almıştır. Sakarya ilini örnek bölge seçerek, bir yardım merkezi için yer seçimi problemini 4 tip sezgisel yöntemle çözüp yöntemleri kıyaslamıştır. Kullandığı yöntemler, parçacık sürüsü optimizasyonu, tavlama benzetimi, algoritması, evrimsel algoritma ve Weizsfeld's algoritmasıdır. Aydın ve Ark. (2009), Ankara'da kurulması planlanan yeni bir hastanenin yer seçimi problemini, uzman görüşleri dikkate alınarak belirlenen kriterlere göre, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile modellemişler ve önerilerde bulunmuşlardır. Erden ve Ark.(2010) itfaiye istasyonlarının yer tespiti için gerekli ölçütleri Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile belirleyen ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile birleştiren bir model önererek karar vericilere destek sağlama yolunu aramıştır.

Çatay (2011), İstanbul'da yeni açılacak itfaiye istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi için 0–1 tamsayılı doğrusal programlama modeli önermiş ve CPLEX çözüm kütüphanesi kullanarak optimal sonuçlar elde etmiştir. Yapılan deneysel bir çalışmayla istasyon sayısı parametresine bağlı olarak optimal çözümü elde etmenin zorluğunu göstermeye çalışmıştır. Duran ve Ark. (2011), iki farklı afet tipini dikkate alarak en uygun afet deposu yeri sayısı ve stok kapasitesinin belirlenmesi için bir

matematiksel model önermişlerdir. Geçmiş 10 yıldaki afetlerdeki 233 afet yardım gereçleri talebi örneğini göz önünde bulundurarak modellerini test etmişlerdir. Şimşek ve Yeniay (2012), olası bir İstanbul depremi için 4 deprem senaryosu oluşturmuş ve bu senaryolar arasından en muhtemel olanı seçmiştir. Seçilen senaryoya göre maksimum kapsama modeli oluşturularak yaralı toplama noktaları için yer tespiti yapılmıştır. Model SITUATION yazılımı kullanılarak çözülmüştür. Ağdaş ve Ark. (2014), afet dağıtım merkezi yer seçimi problemlerinin çözümünde kullanılan kriterlerin, belirsizlik göstermesi ve olasılık dağılımlarıyla ifade edilmesi sebebiyle çalışmasında stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi (SMAA-2) metodundan yararlanmışlardır. SMAA-2 metodu aracılığıyla, kriter değerleri olasılıksal ve dağılım değerleri olarak girilebilmiştir. Sonuçların elde edilmesinde JSMAA modülünden faydalanılmıştır. Arslan ve Erdem (2015) afet yardım konteynerleri ile ilgili konteyner sayısı ve yerini incelemeye imkan sağlayan iki tip model önermişlerdir. İlk modelde toplam mesafe, ikinci modelde ise maliyet en aza indirilmeye çalışılmıştır. Model sonucunda konteynerler arası mesafe ve maliyet en aza indirilerek yerleşim sonucu önerilmiştir.

2.3.1. Dünya'da Yapılan Afet Lojistiği ve Yer Seçimi Çalışmaları

Afetlerden doğacak olan hasar ve zararı azaltmak için afet öncesinde, sırasında ve sonrasında yapılacaklarla ilgili çalışmalar yaygın olarak son yıllarda yapılmıştır. Toregas ve ReVelle (1973) itfaiye istasyonu yerleşim problemini ele aldıkları çalışmalarında, acil yardım hizmetlerini en iyi şekilde gerçekleştirmeye yönelik bir kapsama modeli önermişlerdir. Söz konusu model, her çağrıya belirli bir mesafede veya zamanda ulaşılabilecek şekilde toplam itfaiye istasyon sayısını en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Church ve ReVelle (1974) kısıtlı istasyon ve ambulans sayısı bilgisine dayalı olarak bir deterministik model olan Enbüyük Kapsama Modeli (EKM)'yi önermiştir. Bu modelde, acil yardım hizmetine ihtiyaç duyabilecek noktalar ve nüfus göz önünde bulundurularak ulaşılan nokta sayısı ya da kapsanan toplam nüfusun en büyüklenmesi hedeflenmiştir. Bu model aracılığıyla, mevcut

istasyonların etkinliği (toplam kapsama oranı) rahatça ölçülebilmektedir. Daha fazla istasyonun getireceği ek maliyet ile kazandıracağı ek kapsama arasındaki durum da karşılaştırılabilmektedir. Koehler ve Ark. (1992), Kaliforniya eyaletinde meydana gelebilecek bir afette yaralı toplama noktaları oluşturabilmek için bir simülasyon yapmıştır. Sonuçta yaralıların getirildiği yaralı toplama noktasının ve burada gerçekleştirilen sınıflandırmanın ölüm/yaşam oranına ciddi katkısının olduğunu tespit etmişlerdir. Badri ve Ark. (1998) Küme Kapsama Modeli (KKM)'ye dayanan çok amaçlı modelleme yaklaşımı sunmuş ve Birleşik Arap Emirlikleri'nin Dubai şehrindeki itfaiye istasyonlarının yerlerini hedef programlama yöntemi kullanarak belirlemişlerdir. Çalışmada, istasyonlardan hizmet noktalarına olan uzaklıkları ve ulaşım sürelerini, çeşitli teknik ve politik ölçütler ile maliyet unsurlarını içeren 11 stratejik kriter dikkate alınmıştır. Owen ve Daskin (1998) stratejik tesis yeri problemi üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmaya göre, üç kategoride stratejik tesis yeri analiz edilmiştir. Bu kategoriler, statik ve deterministik yerleşim problemi, dinamik yer problemi ve yer olasılığı problemidir. Bu problemlerin analizinde mesafe, zaman, talep, maliyet kriterleri ele alınmıştır.

Brotcarne ve Ark. (2003) çalışmalarında, son otuz yılda acil sağlık servis araçlarının (ambulans) yerleşimi ile ilgili sunulan modelleri incelemişlerdir. Bu modelleri iki ayrı kategoriye ayırmışlardır. Deterministik modellerin, stokastik durumların ihmal edildiği ve ambulansların hazır bulunduğunun (meşgul olmadığının) kabul edildiği durumlarda kullanıldığını belirtmişlerdir. Olasılığa dayanan modellerin ise ambulansların kuyruk sisteminde sunucu gibi davrandığı durumlarda ve ambulansların çağrılara her zaman cevap veremediği durumlarda kullanıldığını belirtmişlerdir. Ek olarak ambulans istasyonlarının yerleştirilmesi probleminde dinamik modellerin günümüze kadar olan gelişimini incelemişlerdir. Yang ve Ark. (2004) Pennsylvania Merkez Bölgesi'nde yangınlara ortalama erişim süresini azaltıp mevcut kaynakları daha iyi kullanmak üzere itfaiye istasyonlarının iş yükünü dengelemeye yönelik bir kapsama modeli geliştirmişlerdir. Dikkate alınan tüm alan, bir dizi bölgeye ayrılmış ve çalışmanın amacı her itfaiye istasyonu için

birincil hizmet alanlarının belirlenmesi olmuştur. Bu amaçla iki temel ölçüt dikkate alınmıştır: tüm irdelenen alan için toplam (veya ortalama) yanıt süresi, en çok kullanılan itfaiye istasyonlarının iş yükünün dengelenmesi. Problemin gerektirdiği veri setinin büyüklüğü, problemin doğrusal olmayan yapısının getirdiği zorluk ve her olaya müdahalenin genellikle sabit bir süre alması karşısında, istasyonların aslında belli bir dağılıma sahip olması, özel performans ölçütlerinin modele dahil edilememesi ve politik sorunlar gibi bazı kısıtlar nedeniyle problem matematiksel model yerine, simülasyon yaklaşımı kullanılarak çözülmüştür. Yi ve Özdamar (2004), afet tepki faaliyetlerini yönetebilmek için dinamik ve bulanık bir koordinasyon lojistik model önermişler ve İstanbul deprem verileri üzerinde uygulama yapmışlardır. Dekle ve Ark. (2005), afet iyileştirme merkezlerinin nereye kurulması gerektiği ile ilgili bir küme kapsama modeli kurmuştur. Florida kasabası için ele alınan modelde kapsama uzaklığı olarak öncelikle d = 20 mil olarak alınmış ve daha sonra bu mesafe kısaltılmıştır. Hale ve Moberg (2005), küme kapsama modelini kullanarak afet durumunda güvenli bölge oluşturulması üzerinde çalışmışlardır. Planlama, azaltma, tespit, müdahale ve kurtarma kriterlerini göz önüne alarak 4 aşamalı model önermişlerdir.

Liu ve Ark. (2006), Singapur'da yeni itfaiye istasyonlarının yerlerinin belirlenmesi için yine çok amaçlı bir model sunarak Coğrafik Bilgi Sistemleri (CBS) ile Karınca Kolonisi Optimizasyonu (KKO) yöntemini bir arada kullanmışlardır. Buradaki amaçlar tehlikeli madde taşımacılığında kullanılan ve mevcut istasyonlar tarafında kapsanmayan yolların kapsamasını en büyüklemek, istasyonlar arasında uygun bir mesafe bırakmak ve 6 dakika içinde ulaşılabilecek alanı en büyüklemek olarak belirlenmiştir. Chevalier ve Ark. (2007), Belçika'daki itfaiye istasyonlarının konumlandırılmasının ve tahsisinin etkin bir şekilde idare edilmesi için bir karar destek sistemi önermişlerdir. Soon (2007), kâr amaçlı tedarik zincirleri için senaryo tabanlı (kasırga afeti için) bir model geliştirmiştir. İki aşamadan oluşan modelin birinci aşamasında kasırga afeti öncesi malzeme taşıma maliyetlerini en küçüklemeyi amaçlamış ve stok miktarını tespit etmiştir. İkinci aşamada, afet sonrası

yardım malzemeleri dağıtımında kullanılacak tesislerin yerleşimine çalışmıştır. Tzeng ve Ark. (2007), doğal afetler için etkili ve adil bir yardım dağıtım sistemi tasarımı için çok amaçlı programlamadan yararlanmışlar ve uygulama yapmışlardır. Modellerinin öncelikli amacı toplam maliyeti ve ulaşım sürelerini en küçüklemek olmakla beraber, talep merkezlerinin asgari tatminini en büyükleyerek yardımların tüm talep noktalarına ulaşmasını sağlamak da bir diğer amaçları olmuştur. Model çözümünde bulanık çok amaçlı lineer programlamadan faydalanılmıştır.

Wu ve Ark. (2007), Tayvan' da bir hastane yeri seçimi için Analitik Hiyerarşik Proses (AHP) tabanlı bir model önermiştir. Yi ve Özdamar (2007), afetlerde destek ve tahliyeye yönelik afet sistemleri için bütünleşmiş dağıtım ve yer seçim problemi üzerinde İstanbul bölgesinde 30 yıl içinde beklenen bir deprem için iki ayrı senaryoyu incelemişlerdir.

Balcik ve Beamon (2008), yardım malzemelerinin önceden konuşlandırılmasına yönelik bir problemi ele almışlardır. Yardım malzemelerinin tedarikçilerden ve depolardan karşılanacağı varsayımı ile en uygun depo yerini ve kapasitesini bulmaya çalışmışlardır. Senaryo tabanlı yaptıkları modelde afet yeri için beklenen cevap verme süresini en aza indirmeyi amaçlamışlardır. Mete ve Zabinsky (2010), çalışmalarında afet yönetiminde tıbbi malzeme tedarik süreci için yer seçimi ve dağıtımı problemleri konusunda detaylı literatür araştırmasına yer vermişler ve bu problem yapısı için bir stokastik programlama modeli önermişlerdir. Zhu ve Ark. (2010), acil durum kaynakları için depo yerleşimi ve kapasiteleri üzerinde çalışmışlar ve toplam maliyeti en küçükleyecek bir model önermişlerdir. Campbell ve Jones (2011), tesislerin zarar görme risklerini de dikkate alarak afet hazırlık aşamasında önceden yerleştirilecek lojistik malzemelerinin konuşlandıracağı yerin belirlenmesi ve miktarının incelenmesi üzerinde çalışmışlar ve kesikli seçenekler kümesinden en iyi ikmal noktası yerinin belirlenmesi için maliyet modeli kullanmışlardır. Hu (2011) ulaşımla ilgili maliyetleri en azlamak için acil yardım malzemeleri tedarik zincirinde çok modlu konteyner rota seçim modeli geliştirmiştir. Roh ve Ark. (2013), afet lojistiğinde depo yeri seçimi için yapılan çalışmada konum,

lojistik, ulusal kararlılık, maliyet ve işbirliği kriterlerini ele almışlardır. Bu kriterler doğrultusunda Analitik Hiyerarşik Proses (AHP) yöntemi kullanılarak en uygun dağıtım merkez yeri belirlemişlerdir. Safeer ve Ark. (2014) çalışmalarında afet sonrası ortamda belirsizlikler nedeniyle maksimum yardım dağılımının verimlilik planlama ile elde edilebileceğine değinmişlerdir. Afet sonrasında talep değişimleri ve kaynak sıkıntısının mevcut olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca daha iyi bir yardım dağıtımının gerekliliği konusuna değinmişlerdir. Daha iyi bir yardım dağıtımının afetzede memnuniyeti, sağlanamayan talebin azaltılması, asgari ölüm ve maksimum hayatın kurtarılması için gerekliliğine değinmişlerdir. Ahmadi ve Ark. (2015) San Francisco bölgesi üzerine yaptıkları çalışmada; çoklu depo yerleşimi ve araç rotalama modeli önermektedir. Bu model ile deprem sonrası yerel depoların yerleşimini ve yerel ağın paylaşıma açılması için rotalamayı belirlemişlerdir. Modelde dağıtım merkezlerinin yerlerini tespit etmek için iki aşamalı stokastik model verilmektedir.

Literatürde yer alan ilgili çalışmalar incelendiğinde doğrusal modelleme, simülasyon, bulanık mantık, kuyruk simülasyonu, çok kriterli karar verme teknikleri ve karar teorisi yöntemlerinin ağırlıklı kullanıldığı görülmüştür. Şans kısıtlı matematiksel modelleme ile ilgili çalışmaya çok fazla rastlanmamıştır. Afet lojistiği konusunda afetlerdeki belirsizliklerden dolayı şans kısıtlı stokastik model kullanılarak yapılan çalışmanın literatüre orijinal katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

3. MATERYAL VE METOD

Afetler beklenmeyen zamanlarda ortaya çıkan ve sonuçları önceden tahmin edilemeyen doğa veya insan kaynaklı olaylardır. Bu nedenle afetlerle ilgili çalışmalarda kesin veri ve bilgiler elde etmek oldukça zordur. Depremler bilinen en yıkıcı etkili olan afet türlerindendir. Depremler yıkıcı etkili olup, etkisini çok uzun süre gösterebilen olaylardır. Etkileri depremin yerine, zamanına, şiddetine göre değişiklik göstermektedir.

Yer seçimi ve yerleşim problemleri geçmişten günümüze kadar pek çok alanda kullanılmıştır. İşyerleri, fabrikalar, hastaneler, çeşitli kamu kurumları, acil servis araçları (ambulans, itfaiye, vb.) gibi birçok konu hakkında yöneylem araştırmasının bir konusu olan yer seçimi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar yapılırken, matematiksel modelleme, simülasyon modelleme, bulanık mantık, genetik algoritma, vb. gibi bir çok çözüm yönteminden yararlanılmıştır.

Deprem afetinin olması durumunda afetzedelere yardım etmek için kullanılacak olan afet yardım konteynerlerinin deprem ortaya çıkmadan önce nerelere yerleştirileceği de bir yer seçimi problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Afet yardım konteynerleri afet oluştuğunda ve sonrasında acil müdahale ve yardım faaliyetlerinde kullanılacak her türlü malzeme, araç ve gerecin depolanacağı tesisleri ifade etmektedir. Bir deprem sonrasında yardım konteynerlerin yerleşim yerlerinin deprem öncesinden belirlenmesi ve matematiksel model oluşturup elle çözmek zor bir süreçtir. Özellikle büyük ve karmaşık modellerde çözüm süresi uzamakta ve hatalı sonuç bulma ihtimali çok yüksek olmaktadır. Ancak bu türden yüksek hesaplama gerektiren, karmaşık ve çözümü zor matematiksel modelleri bilgisayar yardımıyla çözmek daha hızlı ve kolay olmaktadır. Bu sebepten dolayı yapılan bu çalışmada afetlerde deprem sonrası yardım konteyner yeri seçimi ile ilgili probleme ait matematiksel model önerilmiş ve bilgisayar kütüphane yazılımı yardımı aracılığıyla çözülmüştür. Çözücü bilgisayar kütüphanesi CPLEX ve CONOPT yazılım kütüphaneleri kullanılarak

GAMS matematiksel programlama dili ile kodlanmıştır. Kullanılan bilgisayar 32GB Ram kapasiteli ve Intel i7 3.2 GHz hızında işlemcilidir.

3.1. Materyal

Bu çalışmada önerilen matematiksel modele yönelik girdi olarak Adana iline ait veriler kullanılacaktır. Adana ilinin genel bilgileri; 13.915 km^2 yüzölçümüne sahip nüfusu 2014 verilerine göre (ÇKA, 2014) yaklaşık 2.149.260 ve nüfus artış hızı da %1.105, rakım 23m ve Akdeniz kıyı uzunluğu 160 km'dir.

Çizelge 3.1**.** Adana İli İlçelerine Göre Nüfus ve Demografik Bilgiler (TÜİK, 2015)

İlçe	İlçe Nüfusu	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu	Nüfus Yüzdesi
Seyhan	**788.722**	392.982	395.740	% 36,13
Yüreğir	**419.011**	210.911	208.100	% 19,19
Çukurova	**359.315**	175.042	184.273	% 16,46
Ceyhan	**159.504**	80.002	79.502	% 7,31
Sarıçam	**150.425**	76.906	73.519	% 6,89
Kozan	**129.242**	64.947	64.295	% 5,92
İmamoğlu	**28.686**	14.407	14.279	% 1,31
Karataş	**21.939**	11.104	10.835	% 1,00
Karaisalı	**21.451**	10.840	10.611	% 0,98
Pozantı	**19.440**	10.032	9.408	% 0,89
Yumurtalık	**18.106**	9.041	9.065	% 0,83
Tufanbeyli	**17.759**	9.317	8.442	% 0,81
Feke	**17.214**	8.980	8.234	% 0,79
Aladağ	**16.823**	8.634	8.189	% 0,77
Saimbeyli	**15.530**	8.014	7.516	% 0,71

Adana haritasında nüfus yoğunluğu Şekil 3.1'de görülmektedir.



Şekil 3.1. Adana İli Nüfus Yoğunluğu, ÇKA (2014)

Afetlerde kentsel ve kırsal nüfus arasındaki farklar afet hazırlık sürecinde belirleyici rol oynamaktadır. Nüfus yoğunluk haritaları yerleşimin yoğun olduğu bölgelerin tespitinde kullanılmaktadır. Bu türden veriler herhangi bir afet sonrasında oluşabilecek talep tahmininde kullanılabilmektedir. Afet sonrası yaralı ve can kayıplarının hesaplanmasına yönelik çeşitli yöntemler bulunmaktadır. En çok rastlanan modellerden birisi bina yoğunluğuna göre hesaplanan yaralı ve can kaybı modelidir. Bu model de afet bölgesi bina stok sayısı göz önüne alınarak yaralı ve can kayıpları hesaplanmaktadır. Bir diğer model ise nüfus yoğunluğunun belirli bir oranının yaralı ve can kaybı sayısı olarak belirlenmesi modelidir. Bu çalışmada

kullanılacak olan afet sonrası yaralı sayısı (T) nüfus yoğunluğunun belirli bir oranının **S** senaryoları altında hesaplanması ile elde edilecektir. Hesaplanan beklenen talebe ait sayısal değer T_j^S, **S** senaryosu altında j. talep bölgesindeki bina hasar oranları B_j ve aynı bölgedeki nüfus sayılarının P_j, ($T_j^S = B_j P_j \ \forall j \epsilon J, \forall s \epsilon S$), çarpımından elde edildiği bilinmektedir (Macit, 2015). Herhangi bir deprem sonrasında ortaya çıkacak deprem afet konteynerlerinin yerleri tahmin edilememektedir. Bu çalışmada elde edilen tahmini değerler ile deprem afet konteynerlerinin yerleri deprem öncesinde belirlenmektedir. Tahmini verilerin bölgesel nüfus yoğunluğunun **P'**nin bir fonksiyonu **T**=*f(**P**)* olduğu kabul edilmektedir. Her bir **T** için ayrı bir senaryo **S** altında denemeler ile hesaplanmalıdır.

Deprem konteynerleri, bir deprem sonrasında arama kurtarma birlikleri ve mahalle afet gönüllüleri (MAG) tarafından depremzedelerin kurtarılması sırasında ve deprem sonrası kurtarma faaliyetleri için kullanılan yaklaşık 13-14 m^3 hacmine sahip mobil yardım depolarıdır. Bu konteynerlerin içerisinde depremden sonra acil yardım, kurtarma ve müdahalede kullanılan malzemeler, araç ve gereçler bulunmaktadır. Konteynerlerin içerisinde bulunan malzeme, araç ve gereç listesi geçmiş deprem tecrübelerinden yararlanılarak oluşturulur ve gerektiğinde güncellenir. Genellikle hayat kurtarma, yaralıların can kaybının önlenmesine yönelik, hayata devam ve acil kurtarma faaliyetlerinin ortak bileşkesinde bulunan ürünlerden uzmanlar tarafından seçilirler. Genel olarak 60-100 çeşit malzemenin 500-800 adetli üründen oluşur.

3.2. Metot

Şans kısıtlı programlama optimizasyon problemlerinde rasgele parametreler göz önüne alındığında kullanılan modelleme yaklaşımıdır. Tipik uygulama alanları içerisinde ürünlerin talepleri, hava koşulları, finansal olaylar ve mühendislik hesaplamaları ile doğa olayları gibi rassallık içeren parametre ve değişkenlerin kısıtların dikkate alındığı modeller şeklinde sayılabilir. Bazı durumlarda

matematiksel modeller tek aşamalı olduğu gibi iki aşamalı hesaplamaları içeren matematiksel modeller de olabilir. Matematiksel model ve hesap karmaşıklığından dolayı bu türden problemler de genellikle tek aşamalı matematiksel modeller tercih edilmektedir. Şans kısıtlı matematiksel programlama modellerinde modelin en az bir kısıtı olasılık içerir. Olasılık içeren kısıt belirli bir güven aralığı ile sağlanır. $P(h(x,\xi) \geq 0) \geq p$, burada kısıt p olasılığı ile sağlanması gereken x karar değişkeni ve ξ rasgele olasılık vektörüdür. Olasılık $P\epsilon[0,1]$ aralığında karar verici tarafından seçilen olasılık seviyesidir. Bahsedilen bu olasılık seviyesi problemin doğasına göre değişebilmektedir. Bazı problemlerde yüksek hassasiyet gerektirmeyen durumlarda olasılık $P\epsilon(0.9<P<0.95)$ seçilirken, sağlık ve yüksek hassasiyet gerektiren problemlerde tahmin edici $P\epsilon(0.95<P<0.99)$ güven aralığında seçilebilmektedir.

3.2.1. Şans Kısıtlı Stokastik Modelleme

Rassal parametrelere sahip problemin kısıtlarının, belirli dağılımlara ait olasılık seviyelerinin izin verdiği ölçüde bozulmasına izin veren stokastik programlama şans kısıtlı programlama olarak adlandırılmaktadır. Şans kısıtlı stokastik programlar ilk olarak Charnes ve Cooper (1959) tarafından modellenmiştir. Symonds (1967), çalışmasında şans kısıtlı programlama problemleri için deterministik çözüm önerileri sunmuştur. Sengupta (1970), şans kısıtlı doğrusal programlamanın bazı dağılımlar açısından genelleştirilmesi üzerinde çalışmıştır. Resh (1970), stokastik hesaplama zamanları ile makine yükleme problemlerinin şans kısıtlı programlaması üzerine çalışmıştır. Kampas ve White (2003), çalışmalarında nitrat kirliliği kontrolü için olasılıklı programlamayı önermişlerdir. Jana ve Biswal (2004), katsayıları sürekli dağılıma sahip rasgele değişkenler olan şans kısıtlı stokastik programlama problemlerinin çözümü için, genetik algoritma esaslı stokastik simülasyon modeli geliştirmişlerdir.

Şans kısıtlı programlamada temel varsayım çözümün, $\alpha(0,1)$ olasılıkla kısıtlar içerisinde gerçekleşmesinin α güven aralığında beklenmesidir. Şans terimi

modeldeki kısıtlara uyulma olasılığını ifade etmektedir. Problemlerde izlenecek adımlar, ilgili problemin stokastik kısıtları ve amaç fonksiyon parametrelerini önceden belirlenmiş bilinen bir dağılım ve bu dağılıma ait güven seviyelerini kullanarak, karşılık gelen deterministik parametre ve kısıtlara çevirerek modeli deterministik olarak çözmektir (Liu ve Iwamura, 1998). Stokastik programlamada rasgele değişken içeren tüm kısıt/kısıtların veya parametrelerin bir olasılığa sahip olması gerekmektedir. Burada genel yaklaşım, problemin olasılıklı yapısını, problemin gerçek yapısını bozmadan ona eşdeğer olan deterministik duruma dönüştürmektir. Bu tip problemlerde çözüme yönelik kesinlik elde edilir ve simpleks yöntem ile problem çözülür (Taha, 1997).

Şans kısıtlı stokastik programlama problemi rasgele verileri içerir ve belirlenen olasılık limitlerine kadar kısıt bozulmalarına izin verir. Eğer doğrusal kısıtlar, kısıtlardaki bozulmaların genişliğini belirten olasılık ölçülerinin kümesiyle birleştiriliyorsa doğrusal programlama modeli şans kısıtlı olarak adlandırılır.

Bu problemde parametreler normal dağılıma sahip olduğunda şans kısıtlı model önerilmektedir**.** Problemde yer alan parametrelerin genellikle normal dağılıma sahip ortalaması ve varyansı bilinen rassal değişkenler olduğu kabul edilir. Parametreleri normal dağılıma sahip a_{ij} katsayılarının rassal değişken bulunmasında aşağıdaki duruma gelir;

Her a_{ij} , ortalamasının beklenen değeri $E(a_{ij})$ ve varyansı $Var(a_{ij})$ olan normal dağılımlı rassal değişken kabul edilir. Ayrıca a_{ij} ve a_{kl}'nin kovaryansı $Cov\{a_{ij}, a_{kl}\}$ ile verilmiş olsun. Bu durumda, olasılıklı programlama probleminde i. kısıt ele alınacak olursa;

$$P\left[\sum_{j=1}^{n} a_{ij}x_j \le b_i\right] \le 1-\alpha_i \qquad \forall i \in I \tag{3.1}$$

$$h_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \qquad \forall i \in I \tag{3.2}$$

olarak tanımlanmış olur. $h_i, E\{h_i\} = \sum_{j=1}^{n} E\{a_{ij}\}x_j$ ve $Var\{h_i\} = X^T A_i X$ ile normal dağılıma sahip olsun. Burada $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$' dir.

$$A_i = \text{i. kovaryans matris} = \begin{bmatrix} Var\{a_{i1}\} & \dots & Cov\{a_{i1}, a_{in}\} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Cov\{a_{in}, a_{i1}\} & \dots & Var\{a_{in}\} \end{bmatrix} \tag{3.3}$$

$$P\{h_i \le b_i\} = P\left\{\frac{h_i - E\{h_i\}}{\sqrt{Var\{h_i\}}} \le \frac{b_i - E\{h_i\}}{\sqrt{Var\{h_i\}}}\right\} \ge 1 - \alpha_i \tag{3.4}$$

olur.

$$\frac{h_i - E\{h_i\}}{\sqrt{Var\{h_i\}}} \tag{3.5}$$

Ortalaması 0 (sıfır), varyansı 1 olan standart normaldir. Bunun da anlamı;

$$P\{h_i \le b_i\} = \phi\left\{\frac{b_i - E\{h_i\}}{\sqrt{Var\{h_i\}}}\right\} \tag{3.6}$$

dır. Burada Φ standart normal dağılımın Kümülatif Yoğunluk Fonksiyonunu gösterir. $K_{\alpha i}$, standart normal değer ve $\Phi(K_{\alpha i}) = 1 - \alpha_i$ olsun. Bu durumda $P\{h_i \le b_i\} \ge 1 - \alpha_i$ ifadesi ancak,

$$\frac{b_i - E\{h_i\}}{\sqrt{Var\{h_i\}}} \geq K_{\alpha i} \tag{3.7}$$

olması durumunda gerçekleşir. Bu da aşağıdaki doğrusal olmayan deterministik kısıtı verir.

$$\sum_{j=1}^{n} \{a_{ij}\} x_j + K_{\alpha i} \sqrt{X^T A_i X} \leq b_i \qquad \forall i \in I$$

(3.8)

Normal dağılımın bağımsız olduğu özel durumlar için $\mathrm{Cov}\{a_{ij}, a_{i'j'}\} = 0$ olur ve yukarıdaki kısıt;

$$\sum_{j=1}^{n} E\{a_{ij}\} x_j + K_{\alpha i} \sqrt{Var\{a_{ij}\} x_j^2} \leq b_i \quad \forall i \in I \tag{3.9}$$

şeklinde indirgenebilir. Bu kısıt aşağıdaki değişiklik kullanılarak ayrılabilir programlama formuna eklenebilir.

$$y_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{n} Var\{a_{ij}\} x_j^2} \qquad \forall i \in I \tag{3.10}$$

Böylelikle orijinal kısıt;

$$\sum_{j=1}^{n} E\{a_{ij}\} x_j + K_{\alpha i} y_i \leq b_i \qquad \forall i \in I \tag{3.11}$$

ve

$$\sum_{j=1}^{n} \mathrm{Var}\{a_{ij}\} x_j^2 - y_i^2 = 0 \qquad \forall i \in I \tag{3.12}$$

denklemlerine eşdeğer hale gelir. (Taha, 2000).

Problem bahsedilen teoriye göre p-medyan modeline göre düzenlenmiştir. Önerilen matematiksel modele göre p-medyan probleminde amaç toplam maliyeti, mesafeyi ya da süreyi minimum yapacak şekilde açılacak olan p adet tesisin en uygun yerlerinin belirlenmesi ve talep noktalarının bu tesislere atanmasıdır. P-medyan probleminin matematiksel formülasyonu ilk defa Revelle ve Swain tarafından 1970 yılında yapılmıştır (Revelle ve Swain, 1970).

Afetlerde kullanılması düşünülen afet yardım konteynerlerinin yer seçim problemine yönelik olasılıkları içeren şans kısıtlı stokastik bir model kurulabilir. Şans kısıtlı model olmasının nedeni ise, herhangi bir afet sonrasında afetlere ilişkin yaralı sayısı, can kayıplar, lojistik ve tıbbi ihtiyaçlar gibi sayıların önceden bilinememesinden kaynaklanmaktadır. Afet sonrasında beklenen bu türden sayıların tahmininde olasılıkla, güvenlik katsayılarıyla hareket edilmesi gerekliliği bulunmaktadır. Bu çalışmada karşılaşılan bu türden probleme yönelik önerilen matematiksel model aşağıdaki şekilde geliştirilebilir;

i: Aday yer indisi i=1,2,3,….,n$\in I, i \in Z^+$

j: Talep bölge indisi j=1,2,3,….,m$\in I, j \in Z^+$

d_{ij}: i aday noktasının j talep bölgesine uzaklığı (km)

A_i: i aday noktasına kurulacak istasyonun kapasitesi (kişi)

P: Kurulacak toplam istasyon sayısı (adet)

T: Bölgelerin toplam talebi (kişi)

$$x_i = \begin{cases} 1 \text{ i aday noktasına istasyon kurulmuşsa} \\ 0 \text{ diğer durumda} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ i aday noktası j talep noktasını kapsıyorsa} \\ 0 \text{ diğer durumda} \end{cases}$$

$$\min z = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} d_{ij} y_{ij} x_i \tag{3.13}$$

Kısıtlar altında;

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = P \tag{3.14}$$

$$\sum_{i=1}^{n} y_{ij} = 1, \ \forall j \in J \tag{3.15}$$

$$\sum_{j=1}^{m} y_{ij} \leq x_i, \ \forall i \in I \tag{3.16}$$

$$P\left\{\left\{\sum_{i=1}^{n} A_i x_i\right\} \geq T\right\} \geq 0.99 \tag{3.17}$$

Amaç fonksiyonunda (3.13), talep bölgelerinden, bölgeleri kapsayacak olan yardım istasyonlarına ulaşım mesafelerinin en küçüklenmesi hedeflenmiştir. İlk kısıt (3.14), denklemde aday noktalara yerleşecek toplam istasyon sayısının kurulması planlanan istasyon sayısına eşit olması koşulu sağlanmaktadır. Talep bölgelerinin bir

istasyon tarafından kapsaması gerektiği koşulu denklem (3.15) tarafından sağlanmaktadır. Denklem (3.16), bir ancak aday bölgeye konteyner kurulmasıyla o bölgeden servis alınabileceği koşulu sağlanmaktadır. Yerleşecek istasyon arzlarının oluşacak talepten büyük olmasının α=0.01 güven düzeyinde sağlanması gerektiği koşulunu sağlamak için ise denklem (3.17) kullanılmıştır. Taleple arzın birbirine eşitliği afet gibi bir durumda mutlak olarak sağlanamayacağı için bu koşul olasılıklı (şans kısıtlı) olarak alınmıştır.

Şans kısıtlı stokastik modellerin deterministik denklerinin nasıl bulunacağı yukarıda açıklanmıştı. Bu durumdan yola çıkılarak modeldeki olasılıklı olarak belirlenen kısıt (3.17)'ın deterministik eşdeğeri bulunabilir. Kısıtta arzlar belirli, ancak talepler rastgele değişkenler olacağı için kısıtın eşdeğeri deterministik eşitlik;

$$\sum_{i=1}^{n} A_i x_i = E(T) + K_{0.01}\sqrt{var(T)},\ \forall j \in J \tag{3.18}$$

şeklinde ifade edilecektir. Kısıt deterministik denkliğine dönüştüğüne göre modelin deterministik son hali aşağıdaki denklemlerdeki aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\min z = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} d_{ij} y_{ij} x_i \quad (km) \tag{3.19}$$

Kısıtlar altında;

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = P \tag{3.20}$$

$$\sum_{i=1}^{n} y_{ij} = 1,\ \forall j \in J \tag{3.21}$$

$$\sum_{j=1}^{m} y_{ij} \leq x_i, \ \forall i \in I \tag{3.22}$$

$$\sum_{i=1}^{n} A_i x_i = E(T) + K_{0.01}\sqrt{var(T)}, \ \forall j \in J \tag{3.23}$$

Yukarıdaki denklemlerde görüldüğü gibi stokastik olan şans kısıtlı model dönüşüm kullanılarak deterministik hale dönüştürülmüştür. Amaç fonksiyonu (3.19) ve olasılığın kullanılmadığı kısıtlarda (3.20-3.22) bir değişiklik olmazken, aday yerlere yerleşecek istasyon arzlarının oluşacak talepten büyük olmasının α=0.01 güven aralığında sağlanması gerektiği koşulu (3.17), gerekli dönüşümler uygulanarak deterministik hale getirilmiştir (3.23). Dönüşümde kovaryans matrisi kullanılarak, oluşabilecek talepten sapmalar da göz önüne alınarak olasılıklı durumun deterministik hale dönüşümü sağlanmıştır.

Verilerin bu çalışmada girdi olarak kullanılması için **T**=***f(P)***fonksiyonu ile hesaplanmalıdır. Matematiksel modelin çözülmesinde GAMS matematik bilgisayar programlama dili ile kodlanarak çözülecektir.

3.2.2. Binary Genetik Algoritma

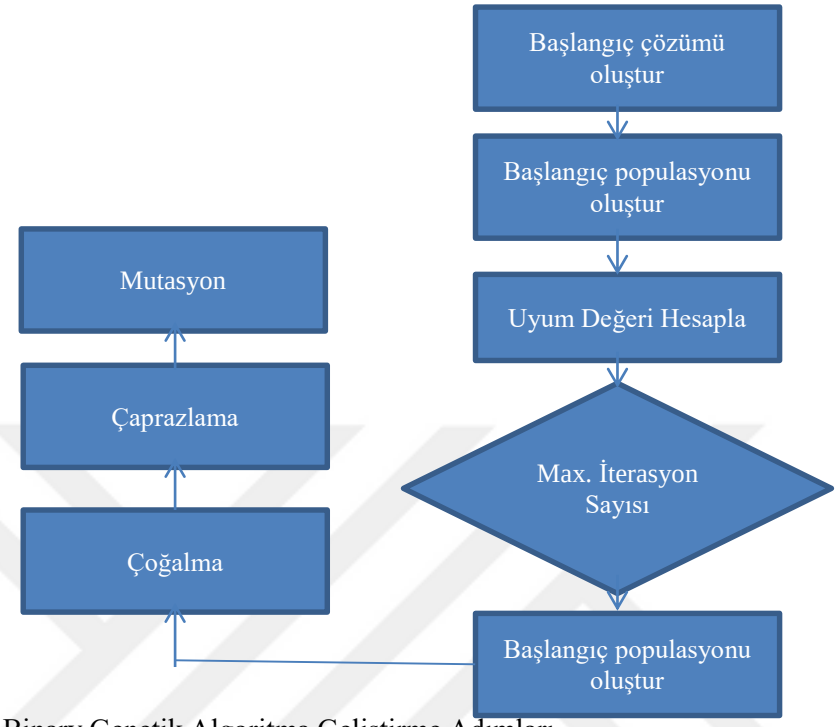
Genetik Algoritma (GA) Darwin' in doğal şartlara uyum sağlayabilenin hayatta kalması ilkesine dayanmaktadır. İlk olarak araştırmacı John Holland'ın 1975 yılında "Adaptation in Natural ad Artificial Science" adlı araştırma kitabında doğal sistem süreçlerini içeren yapay bir yazılım tasarlama isteği ile geliştirilmiştir. Genetik algoritmalar, dizilerden oluşan popülasyonlara çoğalma, mutasyon ve çaprazlama uygulanmasıyla en iyi bireyi seçmeyi amaçlayan popülasyon oluşturma sürecinden oluşmuştur. Yeni oluşan popülasyonlar için bir uyum değeri hesaplanır. Bu uyum değerinin belirli bir oranın üzerinde olması durumunda yeni popülasyonun

gelecek kuşakları temsil etme olasılığı daha yüksek kabul edilir. Bu şekilde gelecek kuşaklarda daha yüksek uyum değerleri elde edilir. Genetik Algoritma yeniden üretim, çaprazlama ve mutasyon gibi operatörler kullanarak yeni nesiller üretip, evrim süreci ile özellikleri açısından en iyi bireylere ulaşmayı amaçlar. Algoritmada, belirlenen nesil sayısına, zaman limitine, uygunluk fonksiyonu değerine kadar devam etmesini sağlayan bir sonlandırma kriteri seçilir (Reeves, 1995). Genetik algoritmalarda asıl amaç, uygun olmayan bireyleri (çözümleri) elemek ve durdurma kriteri sağlanana kadar bu işleme devam etmektir. Genetik algoritmalar, çözüm uzayının karmaşık ve süreksiz olduğu problemlerde hızlı ve optimale yakın sonuçlar vermektedir.

3.2.3. Genetik Algoritma Geliştirme Adımları

Genetik algoritmaların terminolojisi doğal seçime (Natural Selection) dayalı evrimsel kuramla hemen hemen aynıdır. Çünkü doğal evrim süreciyle ifade edilen popülasyon içinden en iyi genlerden oluşan yeni bireyi seçen evrim kuramı ile benzerlik göstermektedir. Gen, anlamlı genetik bilgi taşıyan en küçük yapıdır. Allel, bir genin alabileceği her bir değerdir. Diziler genlerden oluşmaktadır ve bir dizi üzerindeki her bir genin konumuna lokus denir. Problemin olası çözüm kümelerinin büyüklüğü popülasyon büyüklüğünü, herhangi bir andaki çözüm kümesi ise bir kuşağı oluşturmaktadır. Oluşan dizilerin çevreye uyum gücü, uyum değeri ile hesaplanır ve dizilerin uyum gücünü ölçen fonksiyona uyum fonksiyonu adı verilir. Genetik algoritmalarda yeni popülasyonlar oluşturabilmek için her kuşakta farklı genetik operatörler kullanmaktadır. Bu operatörler, çoğalma, mutasyon ve çaprazlama operatörleridir.

Binary genetik algoritmada veriler 0-1 sayı dizisinden oluşur. Modelde kullanılan Binary genetik algoritma kesin sonuç almak ve kodlama kolaylığı açısından seçilmiştir. Geliştirme adımları ise Şekil 3.2’ de görüldüğü gibi olacaktır.



Şekil 3.2. Binary Genetik Algoritma Geliştirme Adımları

3.2.4. GAMS Matematik Programlama Dili

Matematiksel bir programlama dili olan GAMS optimizasyon için tasarlanan yüksek seviyeli bir dildir. Bu programlama dili ile doğrusal, doğrusal olmayan, karma tamsayılı modelleri kolayca çözülebilmektedir. Program büyük ve kompleks problemlerin çözümünde oldukça kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışmada oluşturulan model GAMS programlama dili ile çözülecektir. GAMS dilinde veriler model içerisinde yazılabileceği gibi çalışmanın daha kolay hale gelebilmesi için veri saklayan başka bir dosyadan da (Excel, Notepad) alınabilir. Çalışmada kullanılacak veriler MS Excel dosyasından alınacaktır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Deneylerde Adana iline bağlı 15 ilçenin merkezlere olan uzaklıkları göz önüne alınmıştır. Bu ilçelerde nüfus yerleşimi merkezlerde olduğu kabul edilmiş ve mesafeler bu merkezlerden oluşmaktadır. Adana ili dört merkez ilçesi (Seyhan, Yüreğir, Çukurova, Sarıçam) 2015 nüfus verilerine göre toplam nüfusun % 78.67 oluşturmaktadır. Önerilen matematiksel modelde yerleştirilecek olan konteyner sayısı (p) p=10 olarak alınmış ve 3 değişik deprem şiddetine göre oluşturulan senaryolarda deterministik ve stokastik olarak iki ayrı çözüm elde edilmiştir. Elde edilen bu çözümlerden deterministik çözümde kapsanan nüfus sayısı ve yüzdesi ile şans kısıtlı modelin nüfus sayısı hesaplanmıştır. Matematik modelin çözülmesinde ilçelerin sıralama (indis) Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. İlçe İndisleri

İNDİS	İLÇE
İ1	Seyhan
İ2	Yüreğir
İ3	Çukurova
İ4	Ceyhan
İ5	Sarıçam
İ6	Kozan
İ7	İmamoğlu
İ8	Karataş
İ9	Karaisalı
İ10	Pozantı
İ11	Tufanbeyli
İ12	Yumurtalık
İ13	Feke
İ14	Aladağ
İ15	Saimbeyli

Matematik modelin çözümünde iki ayrı sonuç deterministik ve stokastik genel çözüm tablosu Çizelge 4.2'de görülmektedir. Çizelge 4.2'de ilçelerin indisleri Çizelge 4.1'de verilen indislere göre sıralanmıştır. Çizelgelerde yer alan det ve sans sütunları sırası ile deterministik ve şans kısıtlı çözüm sonuçlarını göstermektedir.

Yerleşim yapılan bölgelerin işaretlenmesi için sütunlarda yerleşim yerini 1 (bir) sayısı ifade etmektedir.

Çizelge 4.2. Senaryolara Göre Yerleşim Toplu Sonuçları.

Senaryo	Senaryo 1 (4,0<Ms<5,0)		Senaryo 2 (5,0<Ms<6,0)		Senaryo 3 (6,0<Ms<7,0)	
İlçe	det	sans	det	sans	det	sans
i1	1		1	1	1	
i2	1	1	1		1	1
i3	1		1		1	1
i4	1		1		1	1
i5	1	1	1	1	1	
i6	1	1	1	1	1	1
i7	1		1	1	1	1
i8	1	1	1		1	
i9	1		1	1	1	
i10	1	1	1	1	1	
i11				1		1
i12		1				1
i13						1
i14						1
i15						1

Genel çözüm tablosunun bölgeleri gösteren 1 (bir) sayıları Çizelge 4.1'de indis sıralamasından, ilçelere göre nüfus sayıları ile yerleşim yerinin kapsadığı nüfus yüzdeleri hesaplanarak Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Senaryolara Göre Kapsanan Nüfus Yüzdesi (%)

Senaryo	4<Ms<5	5<Ms<6	6<Ms<7
Kapsanan %	86.78	88,26	67,63

Çözüm tablosunda görüldüğü gibi, daha küçük şiddetli depremler için oluşturulan ilk iki senaryoda belirtilen güven aralığında planlanan konteyner sayısının yerleştirilmesi sağlanamamıştır. Son senaryoda p=10 adet konteyner %67,63 lük bir kapsama oranıyla aday noktalara yerleştirilmiş ve kısıtı sağlayan olurlu sonuç bulunmuştur. Ilk iki senaryo için 10 adet konteyner yerleşimi yerine

sırasıyla %86,78 ve %88,26 kapsama oranıyla 6 ve 7 adet konteyner sayısı uygun görülmüştür.

Önerilen matematik modelde sayısı itibari ile senaryo 1 ve senaryo 2 sonuçları planlanan konteyner sayısını karşılayamamış ve sonuçta planlanandan daha az konteyner sayısı ile talebin büyük çoğunluğunu karşılayacak şekilde sonuç vermiştir. Ancak şiddet büyük olarak ele alınan senaryo 3'de planlanan konteyner sayısı karşılanmıştır. Bu kadar şiddetli bir depremde p=10 adet deprem yardım konteyneri ulaşım mesafesi en küçüklenerek talebin % 67,63 lük kısmını karşılayacak şekilde aday noktalara yerleşmiştir.

5. SONUÇ

Depremler meydana geldiğinde, zamanında müdahale kadar önceden belirlenen çözüm önerileri de etkilenme yüzdesini aza indirmektedir. Deprem yardım konteynerleri afetzedelerin ihtiyaçlarını en aza indirmek için tasarlanmıştır. Çalışmada hedeflenen, bölgesel olarak yardım konteynerlerini en çok yardım verimi alacak şekilde yerleştirmektir. Çeşitli senaryolar altında geliştirilen model hem deterministik, hem de stokastik olarak çözülmüş ve problemde olurlu iki senaryonun planlanan konteyner sayısına uygun olmadığı tespit edilmiştir. Yüksek deprem şiddetli senaryo, planlanan konteyner sayısını karşılamış ve mesafeler en küçüklenecek şekilde sonuca ulaşılmıştır. Diğer bir değiş ile şans kısıtlı model çözümünde küçük şiddetli senaryolarda mesafeleri en küçüklemenin daha az konteyner sayısı ile gerçekleştirilebileceği ve yüksek şiddetli senaryoda planlanan konteyner sayısının mesafeler en küçüklenecek şekilde yerleştirildiği görülmüştür.
Çalışmanın bundan sonraki çalışmalarda değişik çözüm algoritmaları ile denenmesi ile sonuçların karşılaştırılması önerilmektedir. Değişik sezgisel çözüm algoritmaları ile model çözümü denenebilir. Ek olarak önerilen matematik modele kurulum veya işletme maliyetleri eklenerek model zenginleştirilebilir.

KAYNAKLAR

Adaş, G., Turgut, N., Akçakaya, A., 2012. Büyük Afetlerde Sağlık Hizmetlerinin Planlanması Organizasyonu ve Triaj, Okmeydanı Tıp Dergisi 28(Ek sayı 2):124-134.

AFAD, 2013 İnsan Kaynaklı Afet Yönetiminde Geleceğe Yönelik Politika ve Stratejilerin Belirlenmesi Çalıştayı, 82s.

AFAD, 2018. Türkiye Deprem Tehlike Haritası.

Ağdaş, M., Bali, Ö., Ballı, H., 2014. Afet Lojistiği Kapsamında Dağıtım Merkezi İçin Yer Seçimi: Smaa-2 Tekniği İle Bir Uygulama, Beykoz Akademi Dergisi, 2(1), 75-95.

Ahmadi, M., Seifi, A., Tootooni, B., 2015. A humanitarian Logistics Model for Disaster Relief Operation Considering Network Failure and Standard Relief Time: A Case Study on San Francisco District. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, *75*, 145-163.

Altay N., Green W.G., 2005. OR/MS Research in Disaster Operations Management, European Journal Of Operational Research, 175(1), 475-493.

Arslan, A. Ş., Ertem, M. A., 2015. İnsani Yardım Lojistiğinde Konteyner Kullanımında Talep Ağırlıklı Mesafe Ve Maliyet Modelleri, IV. Ulusal Lojistik Ve Tedarik Zinciri Kongresi, 275-285, Gümüşhane.

Aydın, Ö., Öznehir, S., Akçalı, E., 2009. Ankara İçin Optimal Hastane Yeri Seçiminin Analitik Hiyerarşi Süreci İle Modellenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 14(2), 69-86.

Badri, M.A., Mortagy, A.K., Alsayed, C.A., 1998. A Multi-objective Model for Locating Fire Stations, European Journal of Operational Research, 110, 243-260.

Bakır, P.G., 2004, Proposal for a National Mitigation Strategy against Earthquakes in Turkey, Natural Hazards 33, 405–425.

Balcik, B., Beamon, B.M., 2008. Facility Location in Humanitarian Relief. International Journal of Logistics, 11(2), 101-121.

Barbarosoğlu G., Özdamar L., Çevik A., 2002. An İnteractive Approach for Hierarchical Analysis Of Helicopter Logistics in Disaster Relief Operations, European Journal Of Operational Research, 141 (3), 679-688.

Birinci, F., 2013. Türkiye'nin Depremselliği ve Yapı Stoğu Yönünden Mevzuat ve Mali Politikaların Kentsel Dönüşümü Zorlaştıran Unsurları**,** 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, 25-27, Hatay.

Brotcorne L., Laporta G., Semet F., 2003 Ambulance Location And Relocation Models, European Journal Of Operational Research, 147, 451-463.

Campbell, A.M., Jones, P.C., 2011. Prepositioning Supplies in Preparation for Disasters. European Journal of Operational Research, 209(2), 156-165.

Çatay, B., 2011. İstanbul'da İtfaiye İstasyonu Yer Seçiminde Risk Faktörüne Dayalı Bir Çoklu Kapsama Yaklaşımı, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 22(2), 33-44.

Çatay, B., Başar, A., Ünlüyurt, T., 2008. İstanbul'da Acil Yardım İstasyonlarının Yerlerinin Planlanması, Endüstri Mühendisliği Dergisi, 19(4), 20-35.

Cebeci, U., Kılınç, M.S., 2008. Hastane Yer Seçimine Analitik Hiyerarşi Yöntemi Uygulanması, http://www.ufukcebeci.com/Portals/57ad7180-c5e7-49f5-b282-c6475cdb7ee7/hastane_yeri.doc (09.06.2016 tarihinde erişildi.)

Çelebi, N. 2011. Bir Afet Yardım Merkezinin Sezgisel Algoritmalar Yardımıyla Konumlandırılması, İTÜY, Sempozyum, Kongre ve Konferans Bildiri Koleksiyonu, 26, 47-56.

Charnes, A., Cooper, W.W., 1959. Chance Constrained Programming, Management Science, 6(1), 73-79.

Chengalur-Smith, I., Belardo, S., Pazer, H., 1999. Adopting A Disaster-Management-Based Contingency Model to the Problem of Ad Hoc Forecasting: Toward Information Technology-Based Strategies, Ieee Transactıons On Engıneerıng Management, 46 (2), 210-220.

Chevalier, P., Thomas, I., Geraets, D., Goetghebeur, E., Janssens, O., Peeters, D., Plastria, F., 2007. Locating Fire Stations: An Integrated Approach for Belgium. Socio-Economic Planning Sciences, 46, 173-182.

Church, R., Revelle, C., 1974. The Maximal Covering Locational Problem, Papers of the Regional Science Association, 32, 101-118.

Çukurova Kalkınma Ajansı (ÇKA), 2014, Rakamlarla Adana, 113.

Dekle, J., Lavieri M.S., Martin, E., Farinas, H.E., Francis L.R., 2005. A Florida County Locates Disaster Recovery Centers, Interfaces, 35(2), 133–139.

Doğan, A., 2007. Afet Acil Müdahale Dönemleri için İnsangücü Planlaması Yapmak, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü, 295s.

Duran, S., Gutierrez, M.A., Keskinocak, P., 2011. Pre-Positioning of Emergency Items Worldwide for CARE International, Interfaces, 41(3), 223-237.

Erden, T., Coşkun, M.Z., 2010. Acil Durum Servislerinin Yer Seçimi: Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve CBS Entegrasyonu, İTÜ Dergisi/D Mühendislik, 9(6), 37-50.

Ergünay, O., 1996. Afet Yönetimi Nedir Nasıl Olmalıdır, Erzincan Dinar Depremlerinin Işığında Türkiye'nin Deprem Sorunlarına Çözüm Arayışları, TÜBİTAK, Deprem Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 15-16.

Erkal, T., Değerliyurt, M.,2009. Türkiye'de Afet Yönetimi, Doğu Coğrafya Dergisi, 14(22), 147-164.

Hale, T., Moberg, C.R., 2005. Improving Supply Chain Disaster Preparedness: A decision process for secure site location. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 35(3), 195-207.

Hu, Z. H., 2011. A Container Multimodal Transportation Scheduling Approach Based on Immune Affinity Model for Emergency Relief, Expert Systems with Applications, 38, 2632–2639.

İnal, E., Kocagöz, S., Turan, M., 2012. Temel Afet Bilinç ve Hazırlık Düzeyinin Saptanmasına Yönelik Bir Araştırma, Türkiye Acil Tıp Dergisi, 12(1), 15-19.

Işık, Ö., Aydınlıoğlu, H.M., Koç, S., Gündoğdu, O., Korkmaz, G., Ay, A., 2012. Afet Yönetimi ve Afet Odaklı Sağlık Hizmetleri, Okmeydanı Tıp Dergisi 28(Ek sayı 2):82-123.

Jana, R.K., Biswal, M.P., 2004. Stochastic Simulation-Based Genetic Algorıthm for Chance Constraint Programming Problems with Continuous Random Variables, International Journal of Computer Math Mathematics, 81(9), 1069-1076.

Kadıoğlu, M., 2008. Küresel İklim Değişikliğine Uyum Stratejileri, Kar Hidrolojisi Sempozyumu Bildiri Kitabı, Erzurum, DSİ 8. Bölge Müd. Yay., 69-94.

Kampas, A., White, B., 2003. Probabilistic Programming for Nitrate Pollution Control: Comparing Different Probabilistic Constraint Approximations, European Journal of Operational Research, 147, 217-228.

Karancı A.N., Akşit B., Dirik G., 2005. Impact of A Community Disaster Awarness Trainning Program in Turkey: Does It Fluence Hazard-Releted Cognitions and Preparedness Behaviors, Social Behavior and Personality: an International Journal, 33 (3): 243-258.

Koehler, G.A., Foley, D., Jones, M., 1992. Computer's Simulation of a California Casualty Collection Point Used to Respond to a Major Earthquake. Operations Research and Health Care: A Handbook of Methods and Applications, 7(4), 339-47.

Liu, B., Iwamura, K., 1998. Chance Constrained Programming with Fuzzy Parameters, Fuzzy Sets and Systems, 94(2), 227-237.

Liu, N., Huang, B., Chandramouli, M., 2006. Optimal Siting of Fire Stations Using GIS and ANT Algoritm, Journal of Computing in Civil Engineering, 20(5), 361–369.

Macit İ., 2015. Two-Stage Solution for Post-Earthquake Field Hospital Location Problem Using Lagrangian Relaxation Method: Case of

Turkey, European International Journal of Science and Humanities, 1(6), 1-8.

Macit, İ., 2010. Kentsel Arama Kurtarma Birliklerinin Yerleşim Problemi İçin Matematiksel Programlama Ve Simülasyon Yaklaşımları, Ç.Ü. Doktora Tezi, Adana, 195 s.

MEGEP, 2011, Afetlerde Acil Sağlık Hizmetleri, Ankara, 40 s.

Mete, H.O., Zabinsky, Z.B., 2010. Stochastic Optimization of Medical Supply Location and Distribution in Disaster Management. International Journal of Production Economics, 126(1), 76-84.

MMO, 1999. Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler ve Meteorolojik Önlemeler Raporu, TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, 61 s.

Owen, S.H., Daşkın, M., 1998. Strategic Facility Location: A Review, European Journal of Operational Research, 111, 423-447.

Pearce, L., 2003, Disaster Management and Community Planning and Public Participation: How to Achieve Sustainable Hazard Mitigation, Natural Hazards, 28,211-228.

Reeves, C.R., 1995. A Genetic Algorithm for Flowshop Sequencing. Computers & Operations Research, 22(1), 5-13.

Resh, M., 1970. Chance Constrained Programming of the Machine Loading Problem with Stochastic Proccessing Times, Management Science 17,48-65.

ReVelle, C.S., Swain, R.W., 1970. Central Facilities Location. Geographical Analysis, *2*(1), 30-42.

Roh, S.Y., Jang, H.M., Han, C.H., 2013. Warehouse Location Decision Factors in Humanitarian Relief Logistics. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 29(1), 103-120.

Safeer, M., Anbuudayasankar, S.P., Balkumar, K., Ganesh, K., 2014. Analyzing Transportation and Distribution in Emergency Humanitarian Logistics, Procedia Engineering, 97, 2248-2258.

Şahin, G., Süral, H., Meral, S., 2007. Locational Analysis for Regionalization of Turkish Red Crescent Blood Services, Computers & Operations Research 34, 692–704.

Şahin, N.,2009. Afet Yönetimi Ve Acil Yardım Planları, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, 131-142.

Sengupta, J.K., 1970. A Generalization of Some Distribution Aspects of Chance Constrained Linear Programming. International Economic Review 11, 287-304.

Şimşek, B.D., Yeniay, Ö., 2012. Olası Bir İstanbul Depreminde Yaralı Toplama Noktalarının Konuşlandırılmasının Optimizasyonu, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi –A Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik, 13(1), 1-11.

Soon, S.V., 2007. A Two-Stage Scenario-Based Stochastic Programming Approach to Pre-Positioning Hurricane Supplies, Yüksek Lisans Tezi, Aubrun University, Endüstri ve Sistem Mühendisliği.

Symonds, G.H., 1967. Deterministic Solutions for a Class of Chance-Constrained Programming Problems. Operations Research, 15(3), 495–512.

T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı,2019. Türkiye Afet Bilgi Bankası Analiz Modülü, https://tabb-analiz.afad.gov.tr/ (Erişim:27.08.2019)

Taha, H.A., 1997. Operations Research, An Introduction, International Edition.

Taha, H.A., 2000. Yöneylem araştırması: 6. Basımdan Çeviri. Literatür.

Top, M., Gider, Ö., Taş, Y., 2010. An Investigation of Hospital Disaster Preparedness in Turkey, Journal of Homeland Security and Emergency Management, 7 (1).

Toregas, C., ReVelle, C., 1973. Binary Logic Solutions to a Class of Location Problems, Geographical Analysis, 5, 145-155.

TTB, 2009. Hekimlerin Çalıştıkları Yataklı Tedavi Kurumlarının Olağandışı Durumlara Yönelik Hazırlıklılığını Değerlendirmeleri Araştırması, Türk Tabipler Birliği Yayınları, Ankara.

TÜİK, ADKS, (https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr), 2015

Tzeng, G. H., Cheng, H. J., Huang, T. D., 2007. Multi-Objective Optimal Planning for Designing Relief Delivery Systems, Transportation Research Part E, Logistics and Transportation Review, 43(6), 673-686.

Vatan, F., Salur, D., 2010. Yönetici Hemşirelerin Hastanelerdeki Deprem Afet Planları Konusundaki Görüşlerinin İncelenmesi, Maltepe Üniversitesi Hemşirelik Bilim ve Sanatı Dergisi, 3 (1).

Wei Y., Xu W., Fan Y., Tasi H., 2002. Artifical Neural Network Based Predictive Method for Flood Disaster, Computers & Industrial Engineering, 42, 383-390.

Yang, J., He, H.S., Gustafson, E.J., 2004. A Hierarchical Fire Frequency Model to Simulate Temporal Patterns of Fire Regimes in LANDIS, Ecological Modelling, 180 (1), 119-133.

Yi, W., Özdamar, L., 2007. A Dynamic Logistics Coordination Model for Evacuation and Support in Disaster Response Activities, European Journal of Operational Research, 179, 1177–1193.

Zhu, J., Liu, D., Huang, J., Han, J., 2010. Determining Storage Locations and Capacities for Emergency Response. In The Ninth International Symposium on Operations Research and Its Applications (ISORA'10), 262-269.

-

ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Adana' da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana' da tamamladı. 2007 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü' nden 2011 yılında Endüstri Mühendisi olarak mezun oldu. 2012 yılından başladığı Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği yüksek lisans eğitimine halen devam etmektedir. Evli ve Aras adında bir oğlu vardır.